

PEKKA HYVÄRINEN, KALERVO SALOJÄRVI, SERGEI PUSHKIN & MIKKO AHONEN

KALOJEN VAELLUS OULUJÄRVESTÄ OULUJOKEEN

115

PEKKA HYVÄRINEN, KALERVO SALOJÄRVI, SERGEI PUSHKIN & MIKKO AHONEN

KALOJEN VAELLUS OULUJÄRVESTÄ OULUJOKEEN

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS
Helsinki 1992

Etukannen kuva: Kaavio kaikuluotausjärjestelystä

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:
Painatuskeskus Oy, PL 516, 00101 Helsinki
puh. (90) 56 601/julkaisutilaukset

ISBN 951-47-6603-2
ISSN 0786-9592

HELSINKI 1992

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä
Joulukuu 1992

Tekijä(t)
Pekka Hyvärinen, Kalervo Salojärvi, Sergei Pushkin ja Mikko Ahonen

Julkaisun nimi
Kalojen vaellus Oulujärvestä Oulujokeen

<i>Julkaisun laji</i> Raportti	<i>Toimeksiantaja</i>	<i>Toimielimen asettamispvm</i>
-----------------------------------	-----------------------	---------------------------------

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin kaikuluotauksin ja koekalastuksin Oulujärvestä Oulujokeen vaeltaneiden kalojen määrä, laji- ja kokojakauma sekä vaellusten ajankohta 10.10.1990 – 18.10.1991 välisenä aikana.

Alasvaeltaneiden kalojen kokonaismääräksi arvioitiin noin 260 000 kalaa. Suurin osa kaloista oli ahvenia, kiiskiä, siikoja, särkiä ja mateita. Eniten kaloja vaelsi lokakuussa 1990 ja kesä-lokakuussa 1991.

Kalataloudellisesti merkittäväntä oli taimenten vaellus. Yhteensä taimenia arvioitiin vaeltaneen alas noin 10 000 kalaa. Alasvaeltaneiden osuus oli n. 15 % vuonna 1991 Oulujärveen istutettujen taimenten määrästä.

Tilastollisen tarkastelun perusteella veden juoksutuksen ja alasvaelluksen välillä ei ollut tilastollisesti merkittävää riippuvuutta. Alasvaellus lisääntyi, kun Oulujärven vedenkorkeus ja lämpötila nousivat.

Asiasanat (avainsanat)

Vaelluskalat, taimen, siika, kaikuluotaus, koekalastus, Oulujärvi, Oulujoki

Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero
Vesi- ja ympäristöhallinnon
julkaisuja –sarja A 115

ISBN
951-47-6603-2

ISSN
0786-9592

Kokonaissivumäärä
89

Kieli
Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus
Julkinen

Jakaja
Painatuskeskus Oy
PL 516, 00101 HELSINKI

Kustantaja
Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250, 00101 HELSINKI

Utgivare

Vatten- och miljöstyrelsen

Utgivningsdatum

December 1992

Författare

Pekka Hyvärinen, Kalervo Salojärvi, Sergei Pushkin och Mikko Ahonen

*Publikation*Kalojen vaellus Oulujärvestä Oulujokeen
(Fiskarnas vandring från Ule träsk till Ule älv)*Typ av publikation*

Rapport

*Uppdragsgivare**Datum för tillsättandet av organet**Publikationens delar**Referat*

Med tillhjälp av ekolod och provfiske utreddes de från Ule träsk till Ule älv nedvandrade fiskarnas mängd, art- och storleksdelning samt vandringarnas tidpunkt under perioden 10.10.1990 – 18.10.1991.

De nedvandrade fiskarnas helhetsantal bedömdes till ca. 260 000 fiskar, av vilka största delen bestod av abborrar, gärsar, sikar och mörtar. Sik, mört och lake utgjorde den största delen av helketsvikten. Nedvandringen var störst i oktober 1990 och juni–oktober 1991.

Fiskeriekonomiskt sett mest betydelsefull var öringens nedvandring sammanlagt uppskattades de nedvandrade öringarnas antal till ca. 10 000 fiskar. Andelen nedvandrade öringar utgjorde ca. 15 % av öringutplanteringen i Ule träsk år 1991.

En statistisk analys visade, att inget statistiskt betydande beroende fanns mellan vattnets strömningshastighet och nedvandringen. Nedvandringen tilltog då vattennivån steg och temperaturen ökade.

Sakord (nyckelord)

Vandringsfisk, öring, sik, ekolodning, provfiske, Ule träsk, Ule älv

*Övriga uppgifter**Seriens namn och nummer*Vatten- och miljöförvaltningens
publikationer –serie A 115*ISBN*

951-47-6603-2

ISSN

0786-9592

Sidantal

89

Språk

Finska

*Pris**Sekretessgrad*

Offentlig

*Distribution*Tryckericentralen Ab
PB 516, 00101 HELSINGFORS*Förlag*Vatten- och miljöstyrelsen
PB 250, 00101 HELSINGFORS

DOCUMENTATION PAGE

Published by
The National Board of Waters and the Environment, Finland

Date of publication
December 1992

Author(s)
Pekka Hyvärinen, Kalervo Salojärvi, Sergei Pushkin and Mikko Ahonen

Title of publication
Migration of fish from Lake Oulujärvi to River Oulujoki

Type of publication
Report

Commissioned by

Parts of publication

Abstract

The number, biomass, species and size distributions of fish migrating from Lake Oulujärvi to River Oulujoki were estimated. Echo soundings and test fishing were carried out during one year's period (10.10.1990–18.10.1991).

The total number of migrating fish was estimated to be c. 260.000. Five species, i.e. perch, ruff, whitefish, roach and burbot, formed the major part of the migrating fish. There were peaks of migration was in October 1990 and June–October 1991.

Most significant for the fisheries management was the migration of stocked brown trout. About 10 000 brown trout was estimated to have migrated down from Lake Oulujärvi. This constituted c. 15% of the number stocked into the lake in 1991.

A statistical analysis showed no significant relationship between the numbers of migrating fish and the discharge of water from Lake Oulujärvi. Migration increased with rising water level and higher temperature.

Keywords

fish, trout, whitefish, migration, hydroacoustics, test-fishing

Other information

Series (key title and no.)
Publications of the Water and Environment
Administration – series A

ISBN
951-47-6603-2

ISSN
0786-9592

Pages
89

Language
Finnish

Price

Confidentiality
Public

Distributed by
Painatuskeskus
P.O. Box 516, SF-00101 HELSINKI, Finland

Publisher
The National Board of Waters and the Environment
P.O. Box 250, SF-00101 HELSINKI, Finland

ALKUSANAT

Tutkimus Oulujärvestä Oulujokeen vaeltavien kalojen alasvaelluksesta käynnistettiin vesi- ja ympäristöhallituksen aloitteesta. Muita tutkimuksen rahoittajia olivat maa- ja metsätalousministeriö, työvoimaministeriö, Suomen voimalaitosyhdistys ry., Oulujoki Oy (nykyisin Imatran Voima Oy), Kemijoki Oy, Pohjolan Voima Oy ja Lapin vesi- ja ympäristöpiiri.

Vesi- ja ympäristöhallitus asetti tutkimukselle seurantaryhmän, jonka puheenjohtajana toimi ylitarkastaja Kai Kaatra vesi- ja ympäristöhallituksesta. Seurantaryhmän jäseniä olivat toimitusjohtaja Antti Hanelius Suomen voimalaitosyhdistys ry:stä, ylitarkastaja Pentti Munne maa- ja metsätalousministeriöstä, ryhmäpäällikkö Risto Salmela Imatran Voima Oy:stä, tarkastaja Jouko Saastamoinen Kainuun vesi- ja ympäristöpiiristä, johtava kalastusbiologi Jukka Nyrönen Oulun kalastuspiiristä, tutkija Kalervo Salojärvi RKTL:sta sekä sihteerinä tutkija Pekka Hyvärinen RKTL:sta.

Tutkimuksessa käytettyjen kaikuluotauslaitteiden kehittämiseen ja rakentamiseen osallistui useita henkilöitä Echo Research Oy:stä. Hydroakustisen mittausjärjestelmän (RSS 320) ja muun tiedonkäsittelylaitteiston suunnitteluun ja kehittelyyn vaikutti oleellisesti Konstantin Tsertkov. Poikkeuksellisen laajan kaikuluotausainestön keruun ja käsittelyn mahdollisti Sergei Tigunovin kehittämä tietokoneohjelma. Laitteiston vedenalaisiin asennustöihin osallistuivat sukeltaja Ilkka Leinonen apulaisineen sekä Echo Research Oy:n Jouni Leinikki ja Panu Oulasvirta.

Tutkimuksessa käytetystä kalustosta suuri osa saatiin lainaksi. Vuolijoen kalastustekniseltä koeasemalta saimme tutkimuksen käyttöön työtiloja, veneitä, moottorin, pyydyksiä sekä muuta kalustoa. Tutkimuksessa käytettyä kalustoa oli lainassa myös Kainuun vesi- ja ympäristöpiiriltä ja Oulujoki Oy:ltä. Kenttätöiden tukikohtana olivat Oulujoki Oy:n tilat Jylhämässä. Lapin vesi- ja ympäristöpiiri kustansi tutkimuksessa käytetyt kaikuluotauslaitteet, jonka lisäksi luotausasemiksi varustetut vaunut olivat piiriltä lainassa.

Koekalastuksiin osallistui yhteensä 20 henkilöä. Erityisesti Lassi Huuskon ja Tapani Leinosen työpanos oli merkittävä. Ilman Vaalan työvoimatoimiston myönteistä suhtautumista tutkimukseen, laajat koekalastukset eivät olisi olleet mahdollisia. Niskan kalastuskunta osoitti kiinnostusta ja myönteistä suhtautumista työhömmme. Suuri joukko paikallisia kalastajia avusti työtämme tutkimuksen eri vaiheissa. Vaalan kennelkerho luovutti satamapaikan käyttöömme tutkimuksen ajaksi.

Oulujoki Oy:n henkilökunta avusti meitä monin tavoin tutkimuksen eri vaiheissa. Vuolijoen kalastusteknisen koeaseman henkilökunta ja erityisesti sen silloinen johtaja Erkki Jokikokko vaikutti osaltaan työmme onnistumiseen. Toinistosihteeri Ritva Böös avusti useissa hallinnollisissa tehtävissä. Kalastusmestari Juha Väisänen piirsi tutkimuksessa käytettyjen pyydysten rakennekaaviot.

Tutkimusaineiston käsittelyn viimeistelyä tehtiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Kainuun toimipisteen sekä Kainuun kalanviljelylaitoksen tiloissa. Tutkija Ari Huuskon, laitoksen johtaja Markku Pursiaisen sekä muun henkilökunnan tuki työtä tehtäessä oli merkittävä.

Tutkimusaineiston tallennukseen ja käsittelyyn sekä kenttätöihin ovat osallistuneet maat. ja metsät. yo. Kimmo Virtanen ja fil. yo. Seppo Haapalainen. Aineiston tallennukseen on osallistunut myös Hilikka Lehtosaari. Silja Pöllänen on piirtänyt raportissa esitetyt karttapiirroksset. Kalastusmestari Kalle Torvinen Oulun kalastuspiiristä ja Maija Hyttinen Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksesta ovat tulosta-

neet tutkimuksessa käytettyjä istutustilastoja. Veden virtaus- ja korkeustiedot on saatu Oulujoki Oy:ltä, ilmanpaineaineisto ilmatieteen laitokselta.

Fil.toht. Juha Jurveliuksen kanssa käydyt keskustelut olivat tuloksellisia etenkin loppuraportin kaikuluotausosuuden osalta.

Kaikille edellä mainituille ja muille nimeämättömille tutkimuksen kulkuun vaikuttaneille henkilöille esitämme lämpimät kiitokset.

Pekka Hyvärinen

Kalervo Salojärvi

Sergei Pushkin

Mikko Ahonen

SISÄLLYS

ALKUSANAT	7
1 JOHDANTO	11
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	11
2.1 Tutkimusalue	11
2.2 Kaikuluotaus	14
2.3 Koekalastus	18
2.3.1 Koekalastusmenetelmät	18
2.3.2 Yksikkösaaliiden laskeminen	21
2.3.3 Kalakantanäytteet	21
2.3.4 Kalojen vauriot	23
2.4 Kalamerkinnot	23
2.5 Kaikuluotauksien jako lajeihin	24
2.6 Vaellukseen vaikuttavien tekijöiden arvioiminen	25
3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	25
3.1 Kaikuluotaus	25
3.1.1 Kalamäärät ja vaellusten ajoittuminen	25
3.1.2 Kokojakauma	26
3.2 Koekalastus	30
3.2.1 Siika	30
3.2.2 Taimen	40
3.2.3 Muut lajit	44
3.2.4 Kalojen vauriot	47
3.3 Alasvaeltaneiden kalojen määrä sekä vaellusten ajoittumi- nen	52
3.4 Alasvaeltaneiden kalojen kokojakauma	57
3.5 Alasvaellukseen vaikuttavat tekijät	58
4 MENETELMIEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI	59
4.1 Kaikuluotaus	59
4.2 Koekalastus ja kalojen merkintä	61
5 ALASVAELLUKSEEN VAIKUTTAVIEN TEKIJÖIDEN MERKITYS	64
6 ARVIO ALASVAELTAMISEN KALATALOUDELLI- SESTA MERKITYKSESTÄ	65
6.1 Siika	65
6.2 Taimen	65
6.3 Muut lajit	66
7 SUOSITUKSET TOIMENPITEIKSI	66
8 YHTEENVETO	67
KIRJALLISUUS	68
LIITTEET	71
1 Koekalastuksen pyyntiponnistus pyydyksittäin ja alueittain	
2 Koekalastuksen kokonaissaalis (kg) pyydyksittäin, alueittain ja lajeittain (25.5.1990–31.10.1991)	

- 3 Koekalastuksen kokonaissaalis (kpl) kuukausittain ja lajeittain (1.10.1990–31.10.1991) alueella 1
- 4 Koekalastuksen kokonaissaalis (kpl) kuukausittain ja lajeittain (1.10.1990–31.10.1991) alueella 2
- 5 Kaikuluotausaineistojen perusteella laskettu alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä pituusluokittain ja kuukausittain kaikuluotausasemalla 1
- 6 Kaikuluotausaineistojen perusteella laskettu alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä pituusluokittain ja kuukausittain kaikuluotausasemalla 2
- 7 Kaikuluotaus- ja koekalastusaineiston eri pituusluokkien osuudet (%) kuukausittain alueelta 1 ja kaikuluotausasemalta 1
- 8 Kaikuluotaus- ja koekalastusaineiston eri pituusluokkien osuudet (%) kuukausittain alueelta 2 ja kaikuluotausasemalta 2
- 9 Koekalastuksissa käytettyjen rysien ja nuottien rakennekaaviot
- 10 Kalojen keskimääräinen vaellusmäärä (kpl/vrk) yksittäisten luotaimien kohdalla 10.10.–27.12.1991. Luotain No 1 sijaitsi joen pohjoisrannalla

1 JOHDANTO

Velvoiteistutusten kohteina olevien säännösteltyjen järvien luusuihin on eri yhteyksissä vaadittu rakennettavaksi vaellusesteitä, jotta istutetut kalat eivät pääsisi vaeltamaan pois istutusjärivistä. Tähän mennessä on Portimojärvelle ja Kemijoen Kurittukoskeen rakennettu sähköiset kalojen kulun estolaitteet. Mekaaninen esteita on rakennettu Posion Suolijärvelle sekä Iijoen vesistössä Kostonjärven ja Irnijärven luusuaan.

Aikaisemmin tutkimuksia kalojen alasvaeltamisesta on tehty mm. Kanadassa ja USA:ssa (esim. Giorgi and Sims 1987, Raemhild 1985), mutta tulosten soveltaminen Suomeen on vaikeaa, koska lajit ja olosuhteet ovat erilaisia. Suomessa tähänastiset tiedot kalojen alasvaelluksista ovat perustuneet pääasiassa merkintöihin (esim. Salojärvi ym. 1981, Salojärvi ja Huusko 1987, Heikinheimo Schmid ja Huusko 1987). Kvantitatiivisia selvityksiä ei ole ollut. Käytössä olevan mekaanisen kalaesteaidan toimivuutta on selvitetty Suolijärvellä (Partanen 1985). Portimojärvellä ja Lahden Vesijärvellä tutkitaan sähköesteaidan tehoa (Friman julkaisematon).

Oulujärvi valittiin tutkimuskohteeksi, koska kalojen alasvaellusta on pidetty Oulujärvellä merkittävänä ongelmana. Lisäksi Jylhämän voimalaitokseen on vaadittu rakennettavaksi kalojen alasvaelluksen estävät laitteet. Järven kalastoa ja kalataloutta on tutkittu 1970-luvun alkupuolelta saakka (esim. Salojärvi ym. 1981, 1985, 1990). Aikaisemmat tiedot kalakannoista ja kalastuksesta ovat tarpeen arvioitaessa alasvaellusten kalataloudellista merkitystä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Oulujärvestä Oulujokeen vaeltavien kalojen määrä, laji- ja kokojakauma sekä vaellusten ajankohta. Tärkeimpänä tavoitteena oli arvioida alasvaeltamisen kalataloudellinen merkitys ja tehdä tarvittaessa ehdotus alasvaelluksesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi tai poistamiseksi.

Tutkimuksen perustana oli noin vuoden mittainen (10.10.1990–18.10.1991) kalakaikuluotaus, josta vastasi Echo Research Oy. Kaikuluotausaineistoa kerättiin Oulujokeen Jylhämän voimalaitoksen ylä- ja alapuolelle asennettujen kiinteiden kaikuluotausasemien avulla, jotka rekisteröivät ala- ja ylävirtaan vaeltavien kalojen määrän. Kalakaikuluotauksia täydennettiin koekalastuksin, sillä kaikuluotausten tuloksista ei voida erotella eri lajeja, vaikka kalojen kokoluokat saadaankin selville. Lisätietoa siian ja taimenen vaelluksista hankittiin merkinnöillä. Koekalastuksen ja kalojen merkinnän suoritti Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Echo Research Oy on laatinut kaikuluotaustutkimuksen tuloksista neljä väliraporttia (Echo Research Oy 1990, 1991 a, 1991 b, 1991 c) ja loppuraportin (Echo Research Oy 1992). Koekalastuksista on myös laadittu neljä väliraporttia (Hyvärinen 1990, 1991 a, 1991 b ja Hyvärinen & Virtanen 1991). Tässä raportissa esitetään yhteenveto käytetyistä menetelmistä ja tuloksista sekä arvio alasvaeltamisen kalataloudellisesta merkityksestä ja ehdotus toimenpiteistä alasvaelluksesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi tai poistamiseksi.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

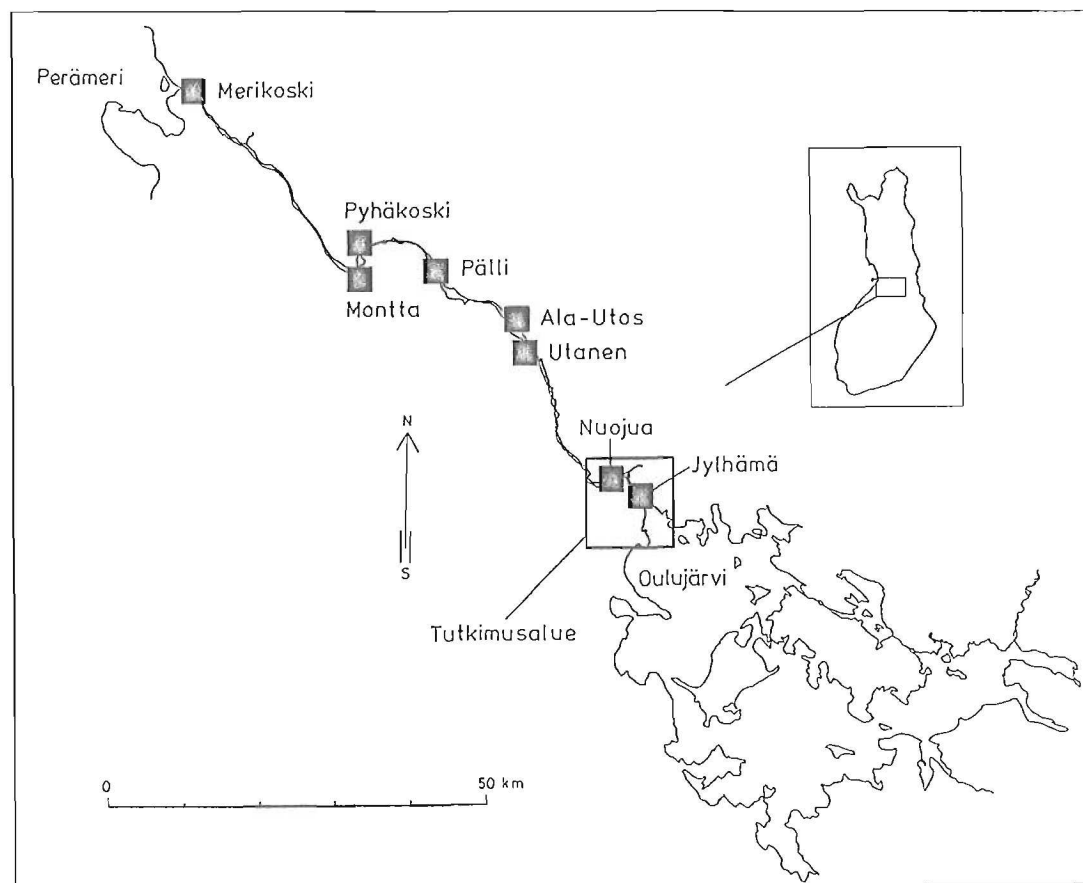
2.1 Tutkimusalue

Oulujärvi (kuva 1) on pinta-alaltaan Suomen neljänneksi suurin järvi (928 km²). Sitä on säännöstelty vuodesta 1951. Säännöstelyluvan sallima suurin vedenkorkeus-

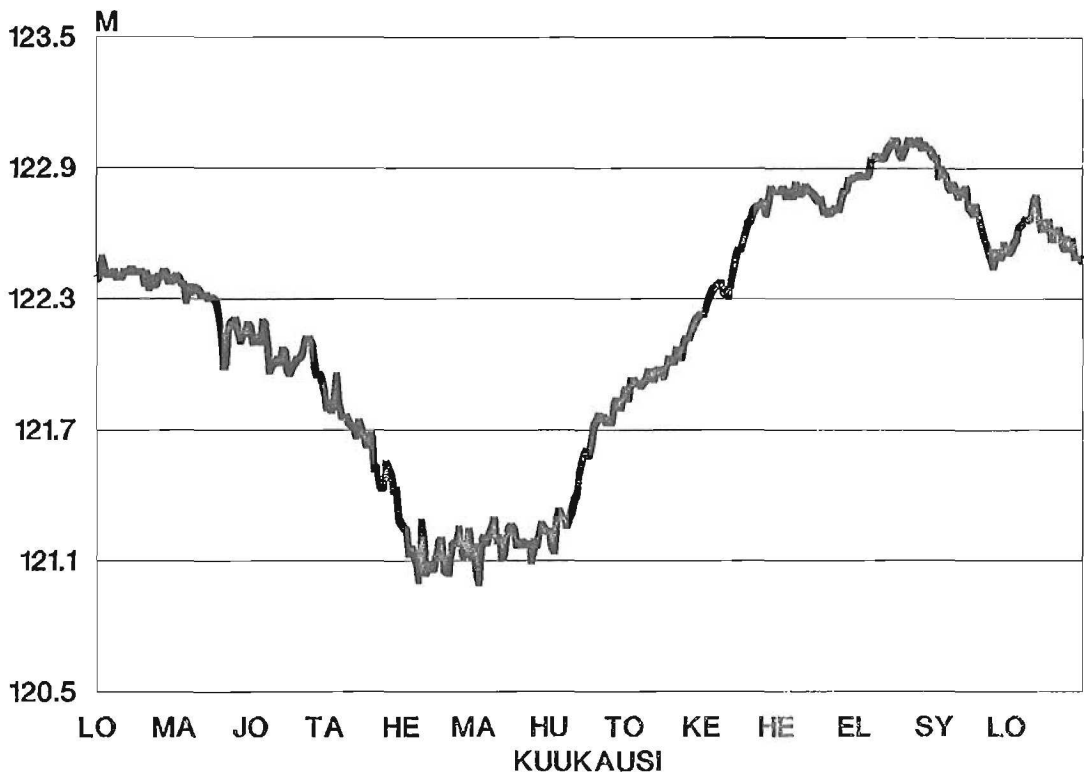
den vuotuinen vaihtelu on 2,7 metriä (Vesihallitus 1977). Koko säännöstelyväliä joudutaan käyttämään vain poikkeuksellisinä tulvavuosina (esim. vuonna 1981) ja käytännössä säännöstely on ollut luvan sallimaa lievempää. Esimerkiksi vuosina 1981–1990 vuotuinen vedenkorkeuden vaihtelu on ollut noin 1,9 metriä (Imatran Voima Oy, kirjallinen tiedonanto). Kuvassa 2 on esitetty Oulujärven luusuassa mitattu veden korkeuden vaihtelu tutkimusjakson aikana. Oulujärven keskiyvyys on 7,6 metriä ja suurin syvyys 36 metriä. Keskivirtaama Oulujärvestä Oulujokeen on 229 m³/s (Vesihallitus 1977). Kuvassa 3 on esitetty vuorokauden keskivirtaama tutkimusjakson aikana.

Oulujärvi on Pohjois-Suomen tärkeimpiä sisävesien kalastusalueita. Viime vuosina (1984–1990) Oulujärven vuosisaalis on ollut 400–700 tonnia (Salojärvi ym. 1990). Vuosina 1984–1991 järveen on istutettu vuosittain keskimäärin 940 000 yksikesäistä siianpoikasta ja 57 000 kaksivuotiaasta tai vanhempaa taimenen poikasta (taulukko 1). Vuonna 1991 Oulujärveen istutettiin taimenten lisäksi 11 400 kaksivuotiaasta järvihohta. Oulujärven yläpuolisiin vesistöihin eli Hyrynsalmen ja Sotkamon reitin vesiin istutettiin vuonna 1991 yhteensä 89 315 taimenta (sisältää järvihohtien istutusmäärän).

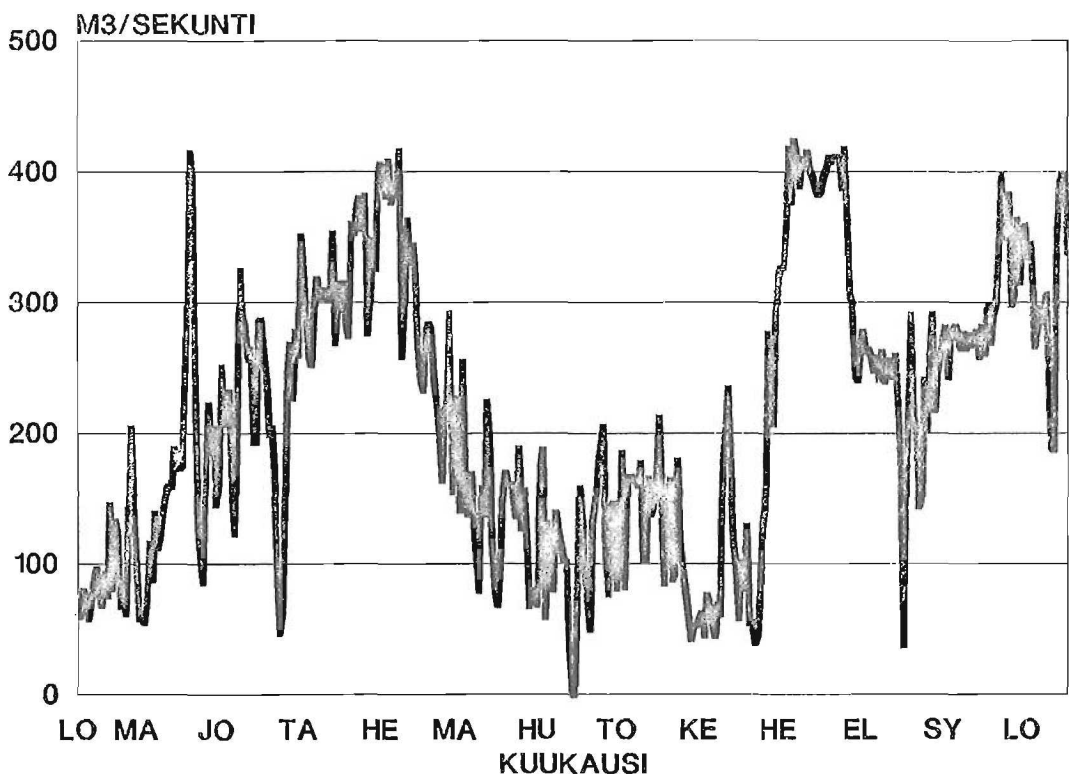
Tutkimus keskittyi Vaalan kunnassa Oulujärven luusuaan ja Jylhämän voimalaitoksen alapuolelle Oulujokeen asennettujen kaikuluotausasemien läheisyyteen (kuva 4).



Kuva 1. Tutkimusalueen ja Oulujoen voimalaitosten (= mustat neliöt) sijainti.



Kuva 2. Vuorokauden keskivedenkorkeus Oulujärven luusuassa 1.10.1990–31.10.1991.



Kuva 3. Vuorokauden keskivirtaama Oulujoessa Jylhämässä 1.10.1990–31.10.1991.

Taulukko 1. Oulujärveen istutettujen taimenten ja planktonsiikojen määrät vuosina 1984–1991.

	Taimen			Planktonsiika
	2-vuotiaat + 3-kesäiset	3-vuotiaat	Yhteensä	1-kesäiset
1984	77 300	7 000	84 300	802 944
1985	40 267	15 400	55 667	660 483
1986	26 335	47 659	73 994	1 074 418
1987	22 430	31 103	53 533	966 455
1988	3 697	42 010	45 707	859 485
1989	30 258	8 688	38 946	1 148 935
1990	31 807	11 975	43 782	1 026 252
1991	48 851	9 215	58 066	968 942

2.2 Kaikuluotaus

Kalakaikuluotausaineiston keruusta ja tulostuksesta vastasi Echo Research Oy. Menetelmän periaate ja toiminta on esitetty yksityiskohtaisesti Echo Research Oy:n laatimissa raporteissa (Echo Research Oy 1990, 1991 a, 1991 b, 1991 c, 1992).

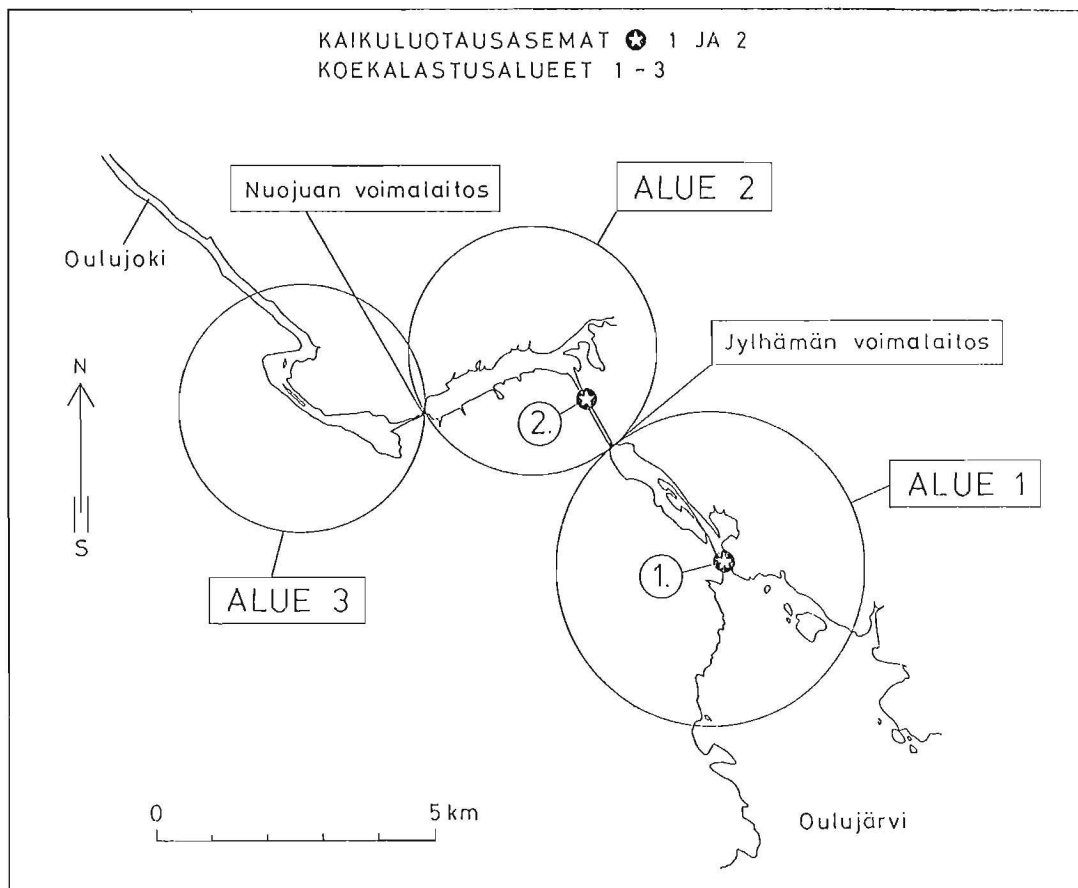
Kalakaikuluotausten teoriaa on esitetty useissa julkaisuissa (esim. Johannesson & Mitson 1983). Tässä yhteydessä esitellään ainoastaan se tekniikka, jota jokitutkimuksessa käytettiin. Menetelmä perustui hydroakustiseen mittausjärjestelmään (RSS 320), joka on suunniteltu erityisesti kalojen vaellustutkimuksiin jokiolosuhteissa. Tekniikka oli uutta ja laitteisto ensimmäistä kertaa käytössä. Järjestelmän akustinen osa perustui kiinteisiin, vakiomallisiin 192 kHz:n kaikuluotainyksiköihin sekä uudenaikaisimpaan tiedontallennus- ja -käsittelytekniikkaan. Järjestelmään oli mahdollista liittää 32 samanaikaisesti toimivaa kaikuluotainyksikköä.

Tutkimusta varten Jylhämän voimalaitoksen ylä- ja alapuolelle asennettiin kesän 1990 aikana erilliset kaikuluotausasemat (kuva 4), joiden avulla arvioitiin 10.10.1990–18.10.1991 välisenä aikana Oulujoessa luotauslinjojen lävitse ala- ja ylävirtaan vaeltaneiden kalojen kokonaismäärä, uintisuunta sekä kokojakauma.

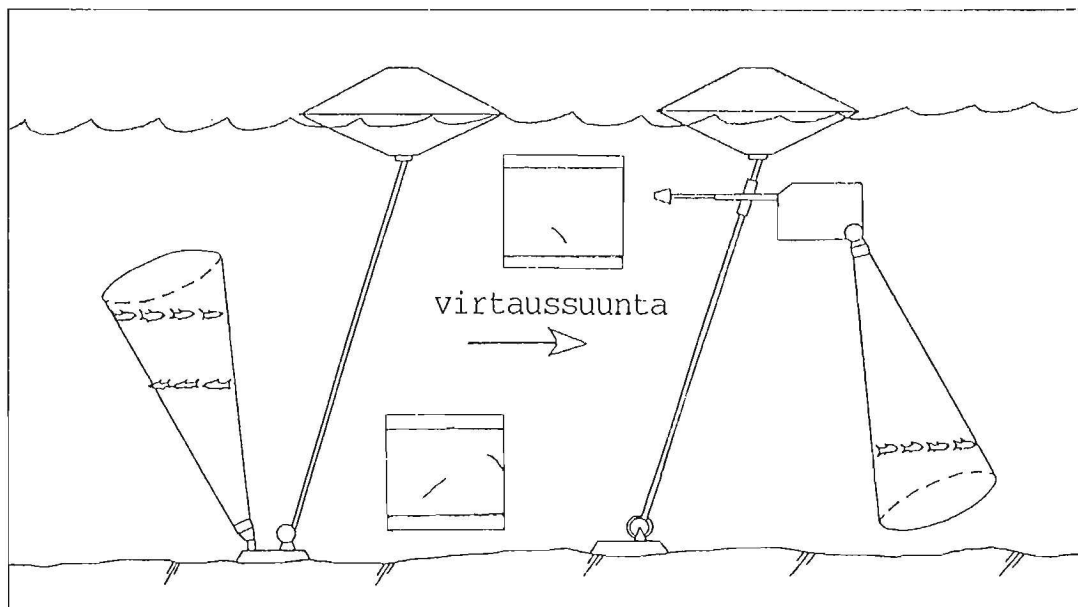
Antureiden kaikukeilat olivat 20° (–3db). Keiloen kattama alue on joen poikkileikkauksesta sitä pienempi, mitä lähempänä anturia tilannetta tarkastellaan. Tämän vuoksi oli tärkeää, että samaan luotauslinjaan oli asennettu sekä pinnasta pohjaan että pohjasta pintaan suunnattuja antureita (kuva 5). Pinta-anturit rekisteröivät luotettavimmin pohjan tuntumassa liikkuvia kaloja ja pohja-anturit vastaavasti paremmin pinnan tuntumassa liikkuvia kaloja.

Voimalaitoksen yläpuolisella asemalla (asema 1, kuva 4) kaikuluotauslinja koostui tutkimuksen alussa yhteensä kahdestakymmenestä neljästä luotainyksiköstä, kuudesta pinnasta pohjaan suunnatusta anturista ja kahdeksasta pohjasta pintaan suunnatusta anturista. Elektroniset kaiun lähetys/vastaanottoyksiköt sijaitsivat veden pinnalla kelluvissa lasikuituisissa koteloissa (kuva 5) ja kaikuluotaimien anturit sijaitsivat joko pohjaan ankkuroituina (16 yksikköä) tai pintaan kellukkeen varaan asennettuina (8 yksikköä). Joen leveys asema 1:n kohdalla oli 140 metriä. Suurin syvyys oli 8 metriä. Lähimmistä yksiköistä etäisyys rantaan oli 4–6 metriä ja syvyys 3–4 metriä. Luotaimien keilat kattoivat yli neljäkymmentä prosenttia joen

poikkileikkauksesta. Laitteisto oli yhtäjaksoisesti toiminnassa 10.10.1990–8.4.1991 välisen ajan. 9.4.1991–25.4.1991 välisenä aikana asema 1:n laitteisto ei ollut toiminnassa, koska ajelehtivat jäälautat olivat särkeneet veden pinnalla kelluvat järjestelmän osat.



Kuva 4. Kaikuluotausasemien ja koekalastusalueiden sijainti.



Kuva 5. RSS 320 kaikuluotainyksiköt jokeen asennettuna. Kaikukäyrät kaloista kuvastavat niiden uintisuuntaa.

Huhtikuussa 1991 asemalle 1 asennettiin joen pohjalle kahdeksan uutta pintaan suunnattua teräksiseen koteloon sijoitettua luotainyksikköä. Kaikuluotausanturit asennettiin samoihin koteloihin. Uusi kahdeksasta pohjalta pintaan suunnatusta luotainyksiköstä koostuva laitteisto kattoi yhteensä n. viisitoista prosenttia joen poikkileikkauksesta.

Laitteisto toimi yhtäjaksoisesti 26.4.1991–30.7.1991 välisen ajan. 31.7.1991–6.8.1991 välisenä aikana asema 1:n laitteisto ei ollut toiminnassa, koska sitä jouduttiin korjaamaan. 7.8.1991–18.10.1991 välisen ajan laitteisto toimi yhtäjaksoisesti. Yhteensä asema 1 rekisteröi kalahavaintoja 350 vuorokauden ajan.

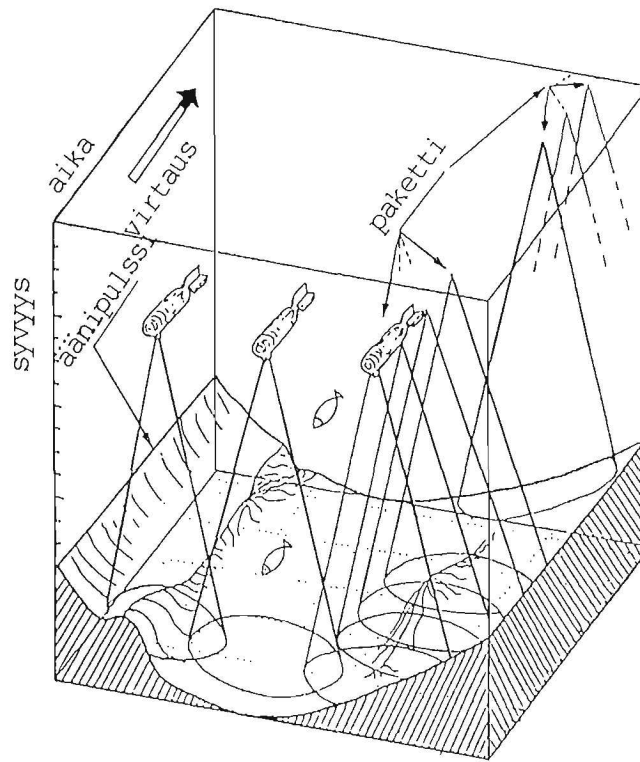
Voimalaitoksen alapuolisen aseman (asema 2, kuva 4) kaikuluotauslinja koostui aluksi kuudesta pinnasta pohjaan suunnatusta luotainyksiköstä. Luotaimien keilat kattoivat noin neljäkymmentä prosenttia joen poikkileikkauksesta. Asemalle 2 asennettiin huhtikuussa 1991 lisäksi kaksi pohjalta pintaan suunnattua teräskoteloon sijoitettua luotainyksikköä (samanlaiset kuin asemalla 1). Joen leveys asema 2:n kohdalla oli neljäkymmentä metriä ja suurin syvyys kaksitoista metriä. Lisäasennuksen jälkeen luotaimien keilat kattoivat yli viisikymmentä prosenttia joen poikkileikkauksesta. Yhteensä kaikuluotausasema 2 rekisteröi kalahavaintoja 374 vuorokauden ajan (10.10.1990–18.10.1991).

Kukin luotainyksikkö koostui Lowrancen anturista sekä Echo Research Oy:n rakentamasta elektronisesta kaikusignaalin lähetyks/vastaanottoyksiköstä. Molempien asemien kaikuluotaimet kalibroitiin kuparikuulan avulla lokakuussa 1990 ja huhtikuussa 1991. Antureiden kaikukeilat olivat 20°. Pohjalle sijoitetuissa ja pintaan kohdistetuissa yksiköissä keilat oli suunnattu kymmenen astetta joen virtaussuuntaa vasten ja pinnalle sijoitetuissa ja pohjaan kohdistetuissa yksiköissä kymmenen astetta myötävirtaan (kuva 5). Luotainanturit asennettiin tähän ns. "tilttikulmaan", jotta kalojen uintisuunta pystyttiin arvioimaan. Kahden vierekkäisen pohjalle sijoitetun luotainyksikön välinen etäisyys oli tavallisesti 5–7,5 metriä. Pinnalle sijoitettujen yksiköiden välinen etäisyys toisistaan asemalla 1 oli 10–15 metriä ja asemalla 2 5–7,5 metriä.

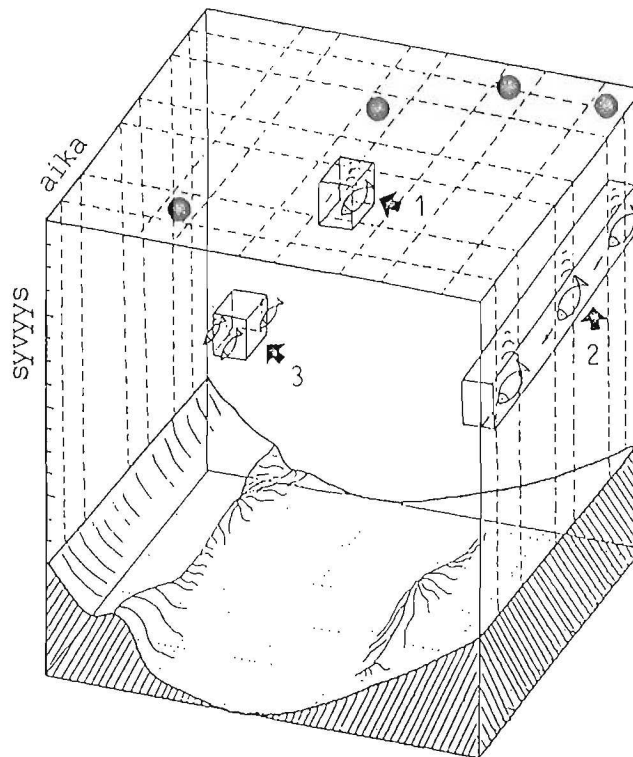
Havainnot kustakin luotainyksiköstä syötettiin kummallakin asemalla sijaitsevaan tietojenkäsittely-yksikköön (RSS 320). Täältä tiedot johdettiin jatkokäsittelyä ja tallennusta varten IBM yhteensopivaan 386 mikrotietokoneeseen, johon oli asennettu kolme Echo Research Oy:n valmistamaa korttia, joiden avulla RSS 320:n syöttämää tietoa eli joessa uivia kaloja voitiin havainnoida välittömästi näytöllä (kunkin luotainyksikön kuva erillisenä) tai jatkokäsittellä mikron kovalevyllä tallennettua tietoa. Tämä oli mahdollista tarkoitusta varten kehitetyn ohjelman avulla. Ohjelma kontrolloi samanaikaisesti tallennusta ja aineiston käsittelyä havainnolliseen muotoon.

Kaikuluotaimet lähettävät ääni-impulsseja. Veden kova virtaus aiheuttaa sen, että kalat ohittavat paikallaan olevan anturin nopeasti. Siksi ääni-impulssin lähetystaajuuden täytyi olla suuri. RSS 320 oli rakennettu siten, että äänipulssit kerättiin yksikkönä käsiteltäväksi paketiksi, johon saatiin kymmenen otosta sekunnissa ja yhdestä luotaimesta talletettiin tietoa paketti kahta sekuntia kohden (kuva 6) (Echo Research Oy 1990).

Tietoa kerättiin kustakin luotauskeilasta 4,5 cm syvyisen siivun käsittävänä paloina (kuva 7) ja kymmenen eri kokoluokan kalojen ryhminä erikseen ala- ja ylävirtaan kulkevat kalat. Ohjelma käsitteli aineiston siten, että tiettyinä aikoina luotaimissa rekisteröityneet kalahavainnot laajennettiin koko joen poikkileikkausta kattavaksi (kuva 7).



Kuva 6. Luotainyksiköiden tallettamat äänipulsseja sisältävät paketit.



Kuva 7. Luotainyksikön tallettaman yhden paketin sisältämä tieto voi koostua yksittäisen kalan tiedoista (1) tai kalaparvesta (3). Useamman paketin sisältämää aika-tietoa käytettiin kalan uintisuunnan määrittämiseen (2). Mustat ympyrät esittävät eri luotainten sijaintia.

Aineiston käsittelyssä otettiin huomioon vain 7 cm (−49 –31 dB) ja tätä suuremmat kalahavainnot. Joessa liikkuu paljon roskaa ja muita eliöitä kuin kaloja, jotka lähettävät luotaimiin samantasoisia kohdevoimakkuuksia kuin pienet kalat. Pienten kalahavaintojen erottaminen 'roskista' ei olisi ollut kovin luotettavaa, minkä vuoksi tietoa kerättiin vain 7 cm suuremmista kaloista.

Tallennuksessa oli ongelmana tilan riittämättömyys tietokoneiden kovalevyllä; tallentunutta aineistoa ei voitu ottaa jatkuvasti laskentaan ja tyhjentää samalla kovalevyä uutta tietoa varten. Tämän vuoksi oli etukäteen päätettävä, mikä oli tutkimuksen tavoitteiden kannalta oleellisin tietoa. Kerätyt aineistot purettiin yleensä 3–4 kuukauden välein.

Kaikuluotusaineiston keruussa tärkeimpänä tavoitteena tässä tutkimuksessa oli kerätä jatkuvasti tietoa ylä- ja alavirtaan uineiden kalojen määrästä ja kokojakaumasta mahdollisimman tarkoin aikajaksoin myöhempää käsittelyä varten.

Edellä esitetyn vuoksi mm. siitä tiedosta, missä syvyydessä kalat kulloinkin uivat, luovuttiin eikä sitä tallennettu. Sen sijaan koko tutkimusjaksolta tulostettiin vähintään vuorokausikohtainen tieto ylös- ja alasvaeltaneiden kalojen määrästä sekä kuukausikohtainen kokojakauma eli kaikuvoimakkuuksien jakauma. Muutamilta päiviltä tämä perusaineisto tulostettiin myös tuntitulostuksena ja joiltakin aikajaksolta vaeltaneiden määrä tulostettiin vuorokausitulostuksena kutakin luotainyksikköä kohti, jolloin voitiin arvioida, millä kohtaa joen poikkileikkausta kalat kulloinkin uivat. Myös kokojakauma tulostettiin muutamilta aikajaksolta kuukautta tarkemmissa aikajaksoissa. Etenkin talvikuukausina kovin tarkkaa aikajakseurantaa rajoitti havaittujen kalojen vähäinen määrä.

2.3 Koekalastus

2.3.1 Koekalastusmenetelmät

Koekalastuksen tärkeimpänä tavoitteena oli selvittää joessa vaeltavien kalojen laji-jakauma pituusluokittain siten, että luotaintulokset pystyttiin jakamaan lajeihin. Tätä varten oli hankittava riittävä otos joessa vaeltavien kalojen laji- ja pituusjakaumasta samalta aikajaksolta kuin kaikuluotusaineistoa kerättiin. Koekalastuksissa käytettiin rysiä, nuottia ja verkkoja. Pyydyksittäinen ja kuukausittainen pyyntiponnistus sekä kokonaissaalis eri koekalastusalueilla on esitetty kuvassa 8 sekä liitteissä 1–2. Saalista koekalastuksissa kertyi yhteensä noin 76 000 kalaa (3 800 kg).

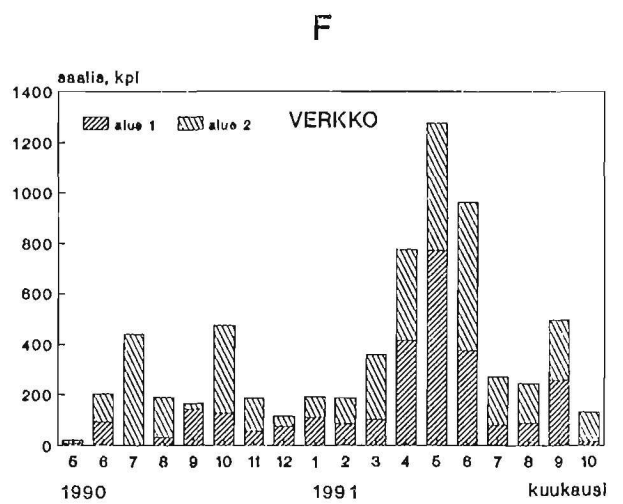
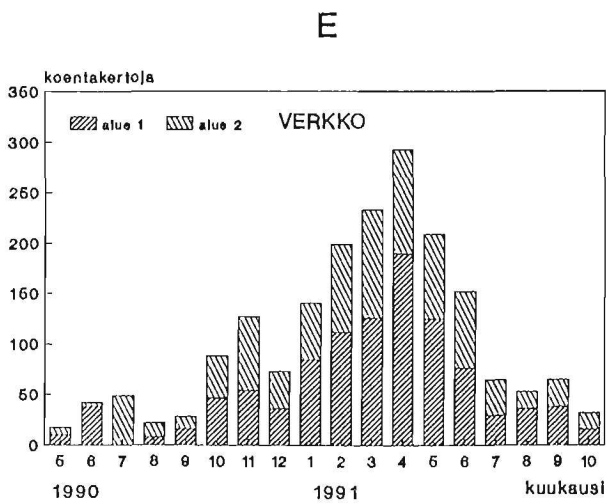
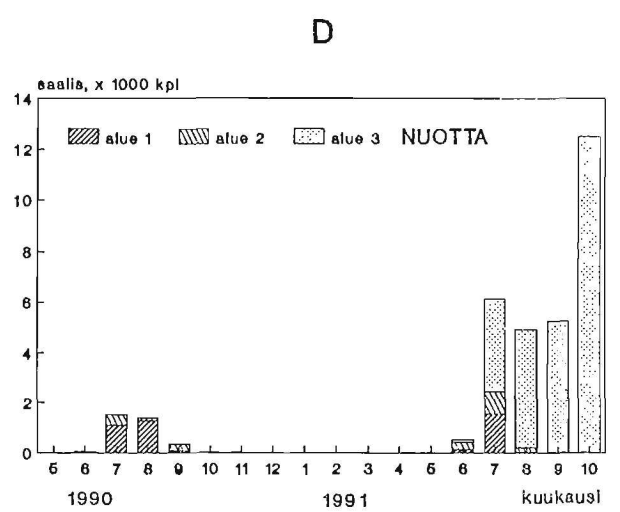
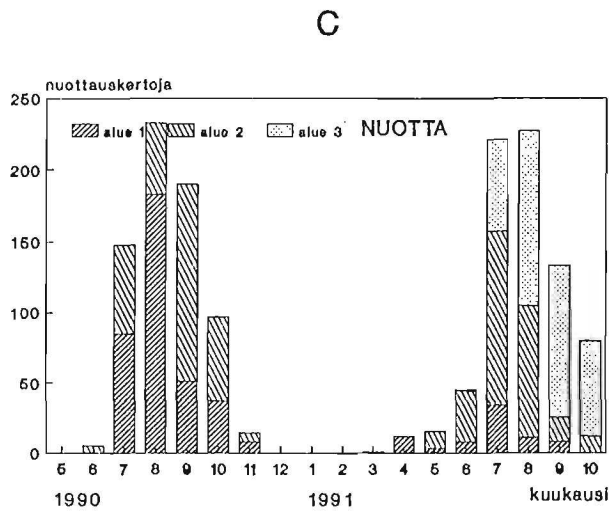
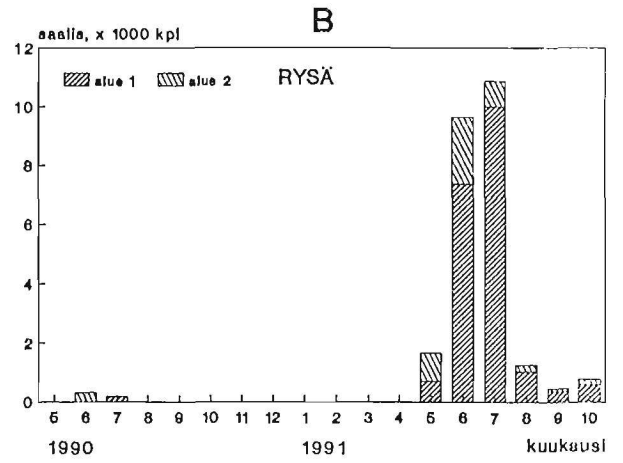
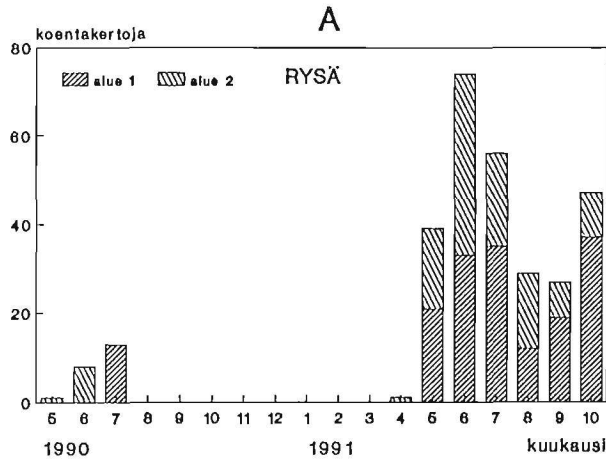
Koekalastuksissa käytettyjen rysien rakenteet on kuvattu liitteessä 9, rysät A–E. Pyyntipaikat on esitetty kuvassa 9 ja pyyntiajat liitteessä 1, jossa rysänumerointi vastaa kuvan 9 karttaan merkittyjä rysäpaikkoja ja kirjainkoodit liitteessä 9 esitetyjä rysien rakennekaavioita.

Rysät koettiin arkipäivisin yleensä joka päivä ja pyynnissäoloaika kirjattiin tunnin tarkkuudella. Lukumääräinen saalis kirjattiin lajeittain ja pyydyksittäin. Rysien pyyntiponnistus ja lukumääräinen saalis kuukausittain ja alueittain on esitetty kuvassa 8 A–B. Tutkimuksen aikana rysiä koettiin yhteensä 295 kertaa ja rysien pyynnissäoloaika oli yhteensä 10 452 tuntia. Rysien kokonaissaalis oli noin 25 000 kalaa (2 000 kg). Liitteissä 1–2 on esitetty yksityiskohtaisemmat tiedot.

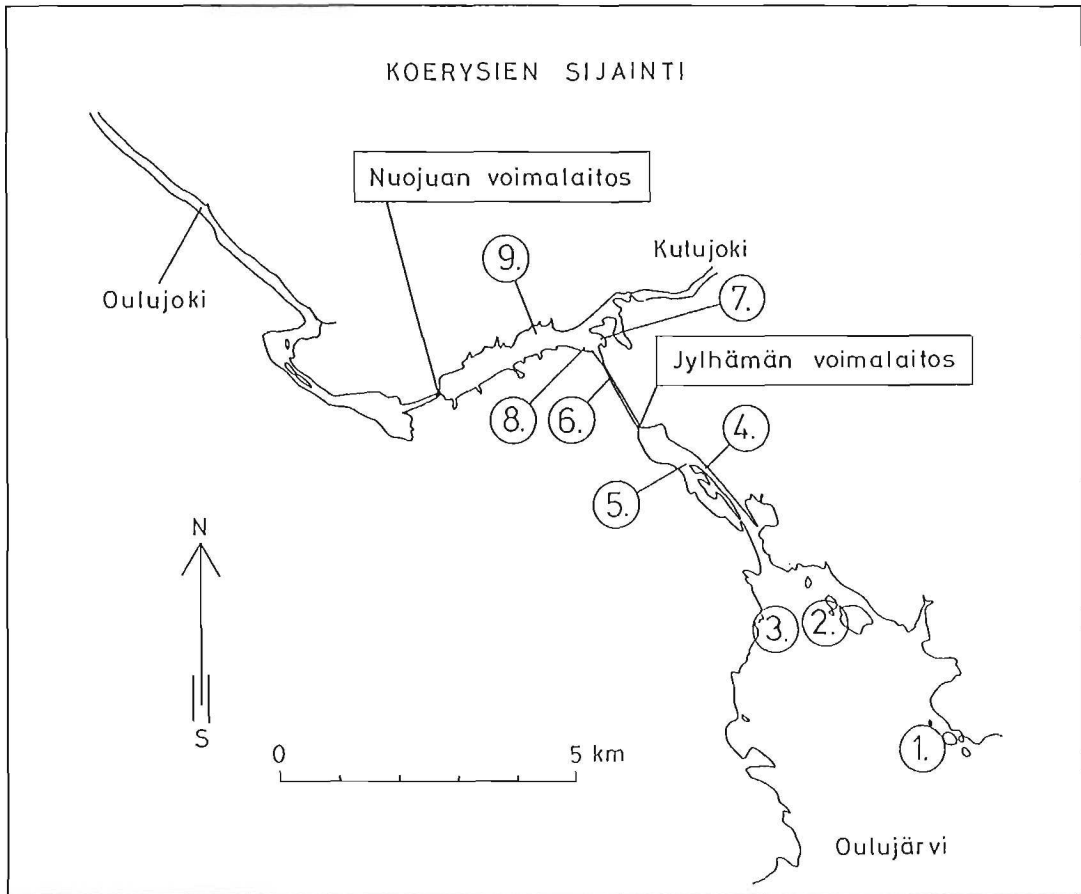
Koekalastuksissa käytettyjen rysien lisäksi lähinnä merkintätulosten laskennassa käytettiin hyödyksi erään kalastajan luovuttamia tietoja oman rysänsä saaliista (kuva 9, rysä 1). Saaliit tästä rysästä oli kirjattu kilon tarkkuudella. Kalojen lukumäärä arvioitiin keskipainon perusteella.

PYYNTIPONNISTUS

KOKONAISSAALIS



Kuva 8. Koekalastuksessa käytettyjen pyydysten pyyntiponnistus ja lukumääräinen kokonaissaalis koekalastusalueittain ja kuukausittain.



Kuva 9. Tutkimuksessa käytettyjen rysien sijainti. Numerointi vastaa liitteessä 1 käytettyä numerointia.

Verkkopyyntiä harjoitettiin koko tutkimuksen ajan siten, että tavoitteena oli pitää alueilla 1 ja 2 kummassakin jatkuvasti vähintään 4 eri harvuista verkkoa pyynnissä. Silmäkoot jaettiin luokkiin alle 20 mm, 20–30 mm, 31–45 mm ja yli 45 mm. Verkot olivat pääsääntöisesti 1,8 metriä korkeita ja 30 metriä pitkiä. Normaali-verkoista poiketen alapaulat olivat painavampia (0,8 kg painoisia) kovien virtausten takia. Pyydykset koettiin päivittäin ja vaihdettiin puhtaisiin paitsi viikonloppuisin, jolloin pyyntiaika oli pidempi. Verkkopyyntiä lisättiin silloin, kun rysillä ja nuotilla kalastus oli vähäisempää (kuvat 8 A, C, E). Tutkimuksen aikana koettiin yhteensä 1 888 verkkoa, joiden pyynnissäoloaika oli yhteensä 60 319 tuntia. Saalista verkoilla kerätyi yhteensä n. 6 700 kalaa (n. 600 kg) (liitteet 1–2).

Lähes kaikki verkkosaaliiksi saadut kalat mitattiin ja punnittiin. Pyyntipaikka, verkon silmäharvuus, korkeus ja pituus sekä saalis (paino ja lukumäärä lajeittain) kirjattiin verkkokohtaisesti. Pyyntissäoloaika kirjattiin tunnin tarkkuudella.

Koekalastuksissa käytettyjen nuottien rakenteet on esitetty liitteessä 9 (nuotat 1–3) ja pyyntiponnistus sekä kokonaissaalis kuvassa 8 C–D ja liitteissä 1–2. Nuotalla vetokertoja koekalastuksissa kertyi yhteensä 1 421. Saalista nuottakalastuksissa saatiin yhteensä n. 44 000 kalaa (1 200 kg). Apaja kierrettiin n. 120 m pitkällä kurenuotalla moottorilla ajaen ja rengas kurottiin umpeen alapaulan renkaiden lävitse kulkevalla kureköydellä. Potkeminen ja veto kestivät yhteensä n. 10 minuuttia, joten vetoja oli mahdollista tehdä usein ja pyyntiä voitiin harjoittaa myös virtaavilla osuuksilla. Nuotan alkupäätä ei ankkuroitu, joten nuotta ja vene laskeutuivat vedon aikana virrassa alaspäin. Apuvälineenä käytettiin kaikuluotainta kalojen ja sopivien vetopaikkojen etsimiseen. Nuottapyynnin lukumääräinen saalis kirjattiin lajikohtaisesti. Myös vetopaikat ja -ajat kirjattiin kustakin vedosta.

2.3.2 Yksikkösaaliiden laskeminen

Yksikkösaaliin periaatteesta ja käytöstä kalakannan koon mittarina on useissa julkaisuissa esimerkkejä (esim. Gulland 1983, Hyvärinen & Salojärvi 1991). Ihannetapauksessa yksikkösaalis on suoraan verrannollinen kalakannan tai osakannan koon. Yksikkösaaliita laskettiin eri pyyntimuodoista yhtälöiden 1, 2 ja 3 mukaan. Tavoitteena oli verrata yksikkösaaliin ja kaikuluotaustulosten vastaavuutta ja selvittää, kuinka hyvin yksikkösaalisindeksillä pystytään alasvaeltavien kalojen määrää arvioimaan.

$$(1) \quad CPUE1 = (SUM(C1/(P \times T)))/K$$

$$(2) \quad CPUE2 = (SUM(C2/V))/VRK$$

jossa,

CPUE1 = eri verkkoharvuuksien ja rysän yksikkösaalisindeksin otoskeskiarvo

CPUE2 = nuotan yksikkösaalisindeksin otoskeskiarvo

C1 = verkoilla tai rysillä saatu lukumääräinen saalis koentakertaa kohti

C2 = nuotalla vuorokauden aikana saatu lukumääräinen saalis

P = pyydysten lukumäärä, jolla C1 on saatu (lähes kaikissa tapauksissa P oli 1)

V = nuotan vetokertojen lukumäärä

VRK = nuottayksikkösaaliin otokseen laskettujen vuorokausien lukumäärä

T = verkon tai rysän pyynnissäoloaika tunteina

K = verkon tai rysän koentakertojen lukumäärä

$$(3) \quad CPUE3 = \frac{(CPUE<20 + CPUE2030 + CPUE3040 + CPUE>40)}{4}$$

jossa,

CPUE3 = kaikkien verkkoharvuuksien yhdistetty yksikkösaalisindeksi

CPUE<20 = alle 20 mm harvuisten verkkojen CPUE1 kaavasta 1

CPUE2030 = 20–30 mm harvuisten verkkojen CPUE1 kaavasta 1

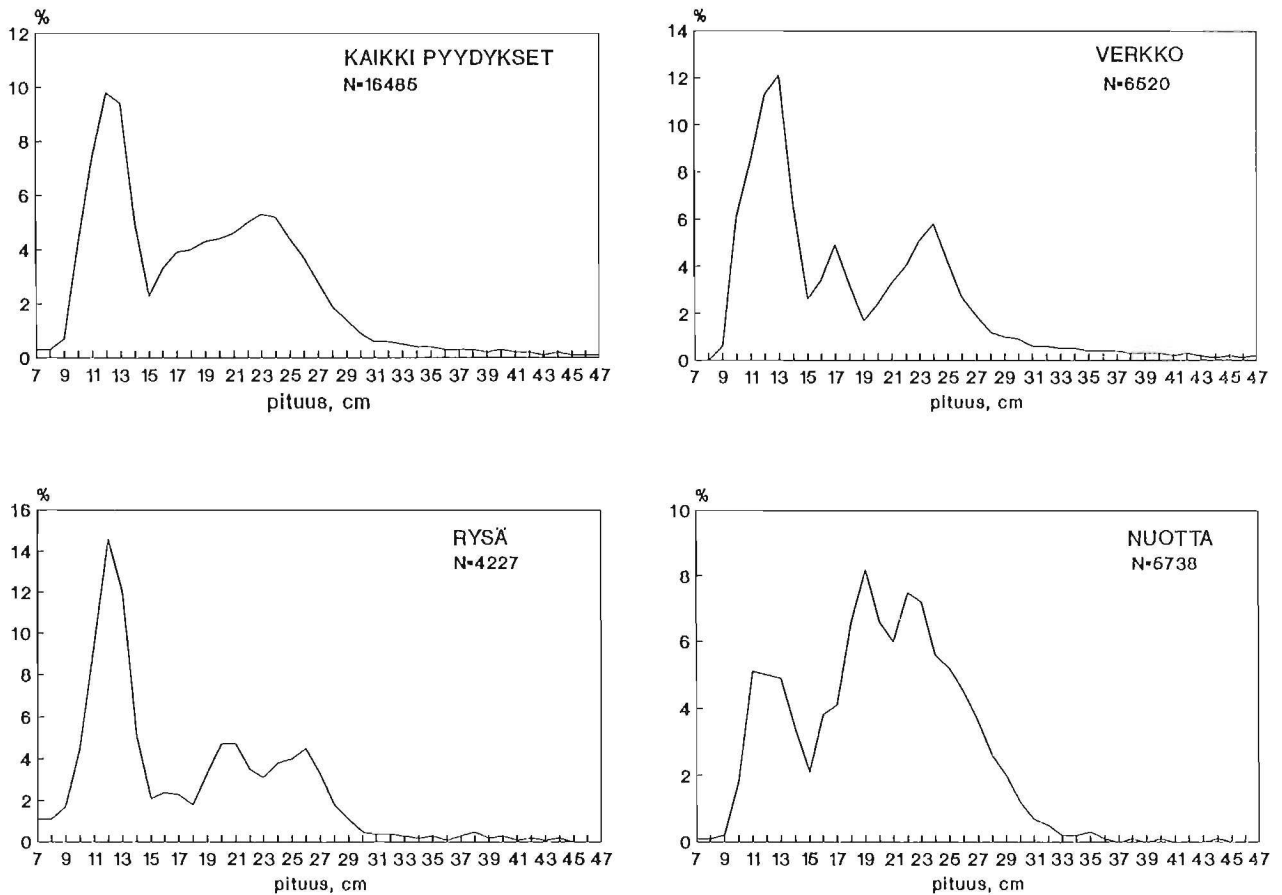
CPUE3040 = 30–40 mm harvuisten verkkojen CPUE1 kaavasta 1

CPUE>40 = yli 40 mm harvuisten verkkojen CPUE1 kaavasta 1

2.3.3 Kalakantanäytteet

2.3.3.1 Näytemäärät ja määritykset

Joessa vaeltavien kalojen laji- ja kokosuhteiden selvittämiseksi otettiin koekalastuksen saaliista koko tutkimusjakson ajan säännöllisesti otoksia. Kalat mitattiin ja punnittiin yksilöllisesti, pituus millimetrin ja paino kahden gramman tarkkuudella. Tulokset kirjattiin pyydyskohtaisesti. Yhteensä koekalastusten saaliista mitattiin 16 485 kalaa (22 % saaliskaloista). Verkkosaaliista mitattiin kaikkiaan 6 520 kalaa (97 % saaliskaloista, kuva 10), nuottasaaliista mitattiin 5 738 kalaa (13 % saaliskaloista) ja rysäsaaliista 4 227 kalaa (17 % saaliskaloista, kuva 10). Vain 7 cm ja tätä suuremmat kalat otettiin aineiston käsittelyssä huomioon, koska kaikuluotainten rekisteröimät kalat olivat tämän kokoisia tai suurempia.



Kuva 10. Eri pyydysten saaliista mitattujen kalojen pituusjakauma.

Kalojen ikä määritettiin tärkeimpien lajien saalisnäytteistä. Kalojen kasvueroja tutkittiin Jylhämän voimalaitoksen ylä- ja alapuolella. Suomunäytteitä otettiin siiista, muikuista ja taimenista. Suomut tallennettiin suomupusseihin ja ikä määritettiin myöhemmin mikrofilmin lukulaitteella. Hauista otettiin talteen hartian lukkoluu (cleithrum). Mateista otettiin otoliitit, jotka tutkittiin mikroskoopilla.

Siikanäytteitä kerättiin koekalastussaaalista säännöllisesti. Yhteensä siikanäytteitä kerättiin 2 145 kalasta. Alueelta 1 näytteitä kerättiin yhteensä 809 siiasta, alueelta 2 yhteensä 1 133 siiasta ja alueelta 3 yhteensä 203 siiasta.

Taimennäytteitä kerättiin pääasiassa vähintään yhden vuoden järvessä olleista kaloista. Saman kesän istukkaat tunnistettiin koon perusteella. Suomunäytteitä koekalastussaaalista kerättiin yhteensä 40 taimenesta.

Muikkujen suomunäytteitä kerättiin tutkimuksen aikana yhteensä 766 kalasta. Muikkunäytteitä kerättiin vuodelta 1991 eri pyydysten saaliista. Alueelta 1 muikkunäytteitä kerättiin yhteensä 204:stä kalasta, alueelta 3 yhteensä 254:stä kalasta. Koekalastussaaaliiden yhteydessä kerättyjen näytteiden lisäksi saalisnäytteitä kerättiin myös Niskanselältä ja Ärjänselältä kalastajien saaliista. Ärjänselältä otettiin yksi saalisnäyte troolisaaliista (79 kalan näyte) ja Niskanselältä otettiin yksi saalisnäyte rysäsaaliista ja yksi troolisaaliista (229 kalan näyte).

Haukinäytteitä kerättiin koekalastussaaalista yhteensä 93 kalasta ja madenäytteitä yhteensä 209 kalasta.

2.3.3.2 Siikamuotojen erottelu

Oulujärveen on viime vuosina istutettu pääasiassa planktonsiikaa (*Coregonus pallasii*). Luonnonvarainen siikakanta on pääosin verkkosiikaa (*C. wartmanni*) (Salojärvi ym. 1981, 1985, 1990). Verkkosiian lisäksi Oulujärvestä esiintyy myös toinen luonnonvarainen siikamuoto, tuppisiika (*C. acronius*), jonka siivilähampaiden lukumäärä on pienempi kuin verkkosiian. Myös tässä aineistossa tuppisiikaa esiintyy, mutta sen osuus on pieni. Jatkossa harvasiivilähampaaiset siikamuodot käsitellään yhdessä ja niitä nimitetään järvisiioiksi. Eri siikamuotojen erottamiseksi toisistaan siikojen siivilähampaat laskettiin uloimmasta oikeanpuoleisesta kiduskaaresta. Tarvittaessa apuna käytettiin suurennuslasia. Tavoitteena oli erottaa istutetut planktonsiikat luonnonvaraisista siikamuodoista.

Siikapopulaation siivilähammaslukumäärän oletettiin noudattavan normaalijakaumaa. Tässä tapauksessa aineiston oletettiin koostuvan pääosin järvi- ja planktonsiioista ja sekanäytteen siivilähammasjakauman koostuvan siten kahdesta osittain päällekkäin menevästä normaalijakaumasta.

Näiden komponenttijakaumien erotteluun käytettiin NORMSEP- tietokoneohjelmaa (Tomlinson 1971), joka perustuu Hasselbladın (1966) esittämään teoriaan. Siikojen siivilähammasjakauman analyysiin ohjelmaa on aikaisemmin käyttänyt Leskelä (1989). Ohjelmalle annettiin tiedot siivilähammasaineiston frekvenssijakaumasta, osajakaumien lukumäärästä sekä jakaumien keskiarvojen ylä- ja alarajat. Ohjelma antoi tuloksena keskimääräisen siivilähammaslukumäärän kullekin halutulle normaalijakaumalle sekä näiden osuudet prosentteina koko aineistosta.

2.3.4 Kalojen vauriot

Tutkimuksen aikana havaittiin joissakin etenkin alueelta 2 Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta saaliiksi saaduissa kaloissa haavaumia ja ruhjeita sekä suomujen irtoamisia. Kalojen oletettiin vaurioituneen niiden uidessa voimalaitoksen turbiinien läpi. Tutkimuksen aikana arvioitiin vaurioituneiden kalojen osuus rysä- ja nuottasaaliissa. Verkkosaaliin kaloista vaurioita ei havainnoitu, koska kalat vaurioituvat usein jo pyynnin yhteydessä siinä määrin, että vaurion alkuperää on vaikea arvioida.

2.4 Kalamerkinnot

Lisätietoa siian ja taimenen vaelluksista pyrittiin hankkimaan merkinnöillä. Koska tarvittavat merkintämäärät olivat suuret ja merkinnän täytyi onnistua suhteellisen nopeasti ja vaivattomasti kenttäoloissa, päädyttiin käyttämään kuumapolttomenetelmää. Menetelmää on kehitellyt mm. Saura (1986).

Kalojen polttomerkintä on verrattain vähän käytetty merkintämenetelmä, koska merkki saattaa olla heikosti havaittava ja sekoittua kalan suomupeitteellä oleviin merkkikoodeja muistuttaviin ulkoisiin ruhjeisiin. Tämän tutkimuksen yhteydessä merkittyjen kalojen takaisinsaanti perustui merkitsijän järjestämään tehokkaaseen takaisinpyyntiin.

Rysällä ja nuotalla saatuja kaloja merkittiin alueella 1. Lisäksi merkittiin otos seitsemän taimenistutuserän kaloista Montan kalanviljelylaitoksella (taulukko 4). Merkki painettiin kevyesti kalan kylkeen kylkiviivan yläpuolelle 12-voltin akulla kuumennetulla vastuslangalla.

Kaloja merkittäessä tavoitteena oli käyttää jokaiselle vapautuspäivälle omaa ryhmämerkkiä, jotta vaellusten suunnan lisäksi voitiin seurata myös vaellusaikaa. Merkin muodon ja merkin sijainnin yhdistelmää kalassa vaihdettiin päivittäin.

2.5 Kaikuluotaustulosten jako lajeihin

Kalakaikuluotaustutkimuksissa, joissa yhdellä pyyntimuodolla saadaan kattava otos luodatuilla alueella liikkuvista kaloista, voidaan pyydyksen selektiivisyys huomioon ottamalla arvioida eri lajien ja eri kokoisten kalojen osuus luotaustuloksesta. Yleensä tarkasteltavia lajeja tällaisissa tutkimuksissa on ollut vain yksi tai muutamia (esim. Jurvelius 1991).

Tämän tutkimuksen yhteydessä oli jo lähtöoletuksena se, että vaeltavia lajeja on useita. Eri lajien vaelluskäyttäytymisen eroista ja vaikeista pyyntitiloista johtuen tutkimuksessa jouduttiin käyttämään erilaisia pyyntimenetelmiä (verkkoja, rysiä ja nuottia) arvioitaessa luotausalueen laji- ja kokojakaumaa.

Peruslähtökohtana luotausaineiston jakamiseksi eri lajeihin oli se, että alueelta 1 saadussa kuukausittaisessa koekalastussaaliissa eri kokoluokissa esiintyneiden lajien oletettiin rekisteröityneen samassa suhteessa asema 1:n luotausaineistoon. Sama oletus tehtiin myös asema 2:n luotaustulosten ja alue 2:n koekalastustulosten kesken.

Kaikuluotausaineisto jaettiin kohdevoimakkuuden perusteella kymmeneen pituusluokkaan kuukausittain. Kohdevoimakkuuden ja kalan pituuden väliseen riippuvuuteen vaikuttavia tekijöitä on tarkasteltu Echo Research Oy:n raportissa (1990). Yleisesti siikakaloille ja sisävesikuoreille käytetty riippuvuus on $\log L = (TS+67)/20$, jossa L = kalan pituus (cm) ja TS = kalan kohdevoimakkuus (dB) (mm. Lindem 1983, Jurvelius 1991).

Tässä julkaisussa esitetyissä laskelmissa kaikkien kalojen oletettiin heijastavan samanlaisen kohdevoimakkuuden suhteessa pituuteen lajista riippumatta. Luotausaineistoon rekisteröitiin 7 cm ja sitä suurempia kaloja havainnoivat tiedot. Koekalastusaineistosta vähennettiin alle 7 cm kalat ennen laskutoimitusta. Kuukauden aikana koekalastuksissa saatu lajikohtainen saalis jaettiin kuhunkin pituusluokkaan yhtälön 4 mukaisesti. Kunkin lajin osuus kuukausittaisista luotaustuloksista eri pituusluokissa laskettiin yhtälön 5 mukaisesti.

$$(4) \quad C_{ij} = (n_{ij}/N_i) \times C_i$$

$$(5) \quad A_{ij} = (C_{ij} / (\sum C_{ij})) \times (X_{ja} - X_{jy})$$

jossa,

n_{ij} = i-lajin j-kokoisten kalojen lukumäärä tutkimusjakson aikana pituusmitattujen kalojen joukosta.

N_i = i-lajin kaikkien pituusmitattujen kalojen lukumäärä

C_i = i-lajin saalis (lkm) kuukauden aikana

C_{ij} = i-lajin j-kokoisten kalojen lukumäärä kuukauden saaliissa

$\sum C_{ij}$ = kaikkien lajien j-kokoisten kalojen lukumäärä kuukauden saaliissa

X_{ja} = j-kokoisten alasvaeltaneiden kalojen lukumäärä kuukauden kaikuluotaustuloksissa

X_{jy} = j-kokoisten ylösvaeltaneiden kalojen lukumäärä kuukauden kaikuluotaustuloksissa

A_{ij} = i-lajisten j-kokoisten alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä kuukauden aikana

2.6 Vaellukseen vaikuttavien tekijöiden arvioiminen

Kalojen vaellukseen vaikuttavia tekijöitä pyrittiin selittämään seuraavien muuttujien avulla:

- Vuorokauden keskivirtaama m³/s (VIRTAUS) Jylhämän voimalaitoksella mitattuna,
- vuorokauden keskimääräinen vedenkorkeus Oulujärvessä (VKOULUJ),
- vuorokauden keskimääräinen vedenkorkeus Jylhämässä (VKJYLH),
- vuorokauden keskimääräinen ilmanpaine hPa (ILMANPAI) Kajaanin lentoasemalla mitattuna,
- pintaveden lämpötila Jylhämässä °C (VESILT),
- rysän kaikkien lajien yhteinen yksikkösaalis kpl/rysä/tunti (CPKOK),
- siian yksikkösaalis rysäpyynnissä kpl/rysä/tunti (CPSII) ja
- taimenen yksikkösaalis rysäpyynnissä kpl/rysä/tunti (CPTAI).

Tilastollisessa tarkastelussa (SAS Institute Inc. 1985) käytettiin 1.5.91–18.10.91 kerättyjä tietoja. Havainnot aikaväliltä 31.7.–6.8.91 puuttuvat, koska tuolta ajalta ei ollut kaikuluotaustuloksia. Kaikki tiedot ovat alueelta 1 (Kuva 4). Muuttujien normalisuus testattiin ja tarvittaessa käytettiin sopivia muunnoksia jakaumien normalisointiin (Ranta ym. 1989). Yksikkösaaliin jakaumien normalisointiin käytetty muunnos oli $1/(1+CPUE)$, mikä on sama kuin Hyvärisen (1990) käyttämä. Käänteismuunnosta käytettäessä on tulosten tulkinnassa otettava huomioon, että vaikutuksen suunta on päinvastainen kuin ilman muunnosta. Alas- ja ylösvaellusten normalisointiin käytettiin neliöjuurimuunnosta.

Muuttujien keskinäisten riippuvuuksien tutkimiseen käytettiin korrelaatioanalyysiä, koska usean selittävän muuttujan regressioanalyysissä selittävät (riippumattomat) muuttujat eivät saa korreloida merkitsevästi keskenään (Ranta ym. 1989). Alasvaelluksen ja eri selittävien muuttujien välistä riippuvuutta tutkittiin ensin yhden selittävän muuttujan regressioanalyysillä. Usean selittävän muuttujan regressioanalyysillä pyrittiin laatimaan malli alasvaellusten selittämiseksi ja ennustamiseksi.

3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

3.1 Kaikuluotaus

3.1.1 Kalamäärät ja vaellusten ajoittuminen

Koko tutkimusjakson aikana kaikuluotausasemilla 1 ja 2 arvioitiin yhteensä noin 703 000 ala- tai ylävirtaan vaeltavaa kalaa. Uintisuuntaa arvioitaessa oletettiin, että kalat olisivat uineet likimain suoraviivaisesti joen rantojen suuntaisesti. Todellisuudessa näin ei kuitenkaan ole aina tapahtunut, etenkin asemalla 1 hiljaisen virtauksen aikana, jolloin kalojen havaittiin liikkuvan myös poikkivirtaan. Kalojen uintisuunnan arvioiminen oli mahdotonta vajaassa 3 %:ssa luotaushavainnoista. Näissä tapauksissa kalan uintisuunnan tulkittiin olevan alavirtaan.

Kalaparvihavaintoja luotaimet rekisteröivät ainoastaan 18.10.–20.10.1990 välisenä aikana. Parvien havaittiin liikkuvan pääasiassa alavirtaan. Kokonaisuudessaan alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä saatiin vähentämällä alavirtaan uineiden määrästä ylävirtaan uineiden määrä. Koko tutkimusjakson aikana arvioitu alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä oli asemalla 1 yhteensä noin 302 000 kalaa (n. 860 kalaa/vrk) ja asemalla 2 yhteensä noin 220 000 kalaa (n. 590 kalaa/vrk). Asemalla 1 rekisteröitiin noin 82 000 alasvaeltanutta kalaa enemmän kuin asemalla 2. Asema 1 keräsi

tietoa kaikkiaan 350 vuorokauden aikana ja asema 2 kaikkiaan 373 vuorokauden aikana, joten ero olisi todennäköisesti ollut vielä jonkin verran suurempi, jos asemat olisivat toimineet yhtä kauan (vrt. luku 2.2).

Vaellusten ajoittumisesta luotaintulosten perusteella voidaan havaita, että vuoden 1990 marraskuusta vuoden 1991 toukokuun loppuun vaellusmäärät olivat alhaisella tasolla (kuvat 11 ja 12). Selvästi vilkkaampaa vaellusaikaa oli lokakuussa 1990 ja kesä–lokakuussa 1991. Suurimmat vaellushuiput ajoittuivat lokakuulle 1990 ja kesäkuulle 1991 (kuvat 11 ja 12). Enimmillään yhden vuorokauden aikana alavirtaan vaeltaneita kaloja arvioitiin asemalla 1 yhteensä 23 304 kalaa (18.10.1990, kuva 11), jolloin ylävirtaan vaeltaneiden kalojen määräksi arvioitiin 15 240 kalaa. Asemalla 2 alavirtaan uineiden kalojen maksimi oli 11 251 kalaa (9.6.1991, kuva 12), jolloin ylävirtaan vaeltaneiden määrä oli vain 9 kalaa.

Asemien 1 ja 2 tuloksista pystytään havaitsemaan suurimmat vaellushuiput suunnilleen samoina päivinä (kuvat 11 ja 12). Tilastollinen tarkastelu luotausasemien tulosten vastaavuudesta tehtiin yhden selittävän regressiomallin avulla. Tilastollisesti merkitsevästi asema 2:n alasvaellusta pystyivät selittämään asema 1:n alasvaellus samana päivänä ($F_{1,347} = 105\,174$, $R^2 = 0,2326$, $P < 0,0001$), edellisenä päivänä ($F_{1,347} = 299\,607$, $R^2 = 0,4641$, $P < 0,0001$), kaksi päivää ennen ($F_{1,347} = 21,353$, $R^2 = 0,0583$, $P < 0,0001$), kolme päivää ennen ($F_{1,347} = 8,886$, $R^2 = 0,0252$, $P < 0,01$) ja neljä päivää ennen ($F_{1,347} = 6,2$, $R^2 = 0,0178$, $p < 0,05$). Tuloksesta voidaan päätellä, että pääsääntöisesti kalat vaelsivat Oulujoessa aseman 1 kohdalta aseman 2 kohdalle saman tai seuraavan vuorokauden aikana.

Kun tarkastellaan kuukauden aikana keskimäärin (kpl/vrk) alasvaeltaneiden kalojen määrää (kuva 13), voidaan havaita, että alasvaeltaneiden kalojen määrät vaihtelevat kuukausittain hyvin samansuuntaisesti asemalla 1 ja 2, vaikka asema 1 onkin rekisteröinyt selvästi enemmän kaloja kuin asema 2. Asema 1:n rekisteröimä kalamäärä on keskimäärin 30 % suurempi kuin asema 2:n arvo. Ainoastaan huhtikuussa 1991 asema 2 on rekisteröinyt enemmän (6 %) kaloja (kalaa/vrk) kuin asema 1. Asemalla 1 ylösvaeltaneiden osuus kaikista luotainhavainnoista on 15,5 % ja asemalla 2 vastaava lukema on 8,3 %.

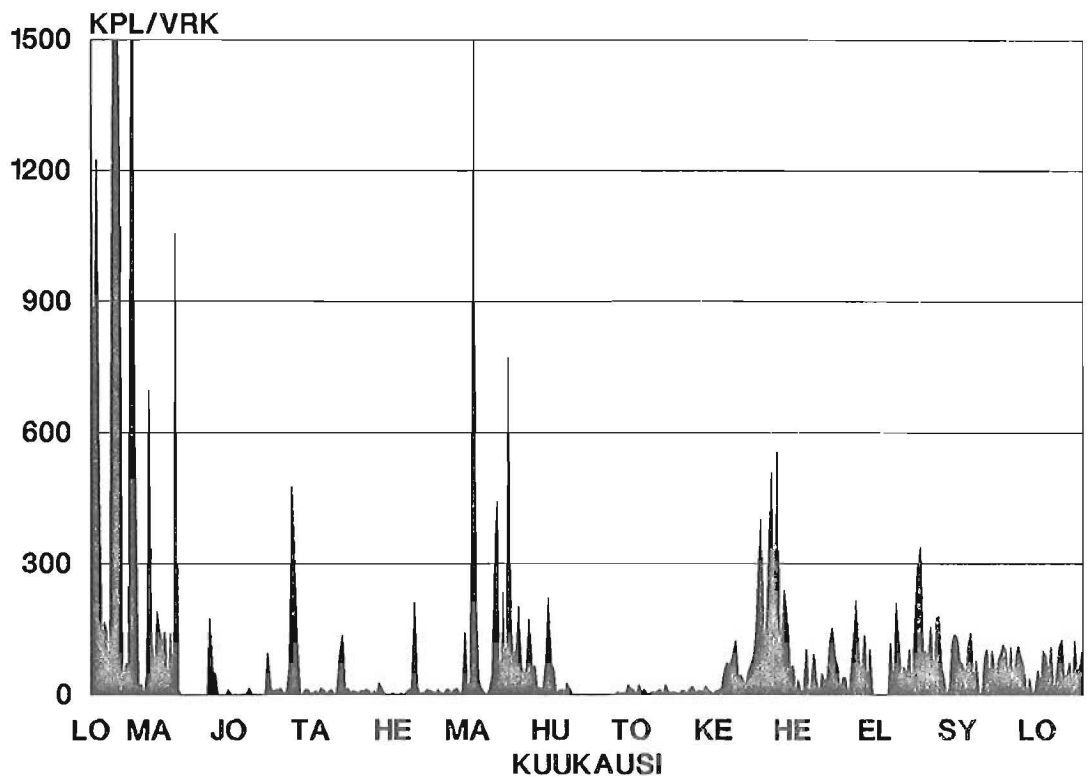
Liitteessä 10 on esitetty kalojen keskimääräinen vaellusmäärä (kpl/vrk) erillisten luotainten kohdalla (10.10.–27.10.90). Kyseisellä ajanjaksolla vaellus näyttää keskittyvän enimmäkseen joen matalille osuuksille asema 1:n kohdalla. Syvimmillä kohtaa vaellusmäärät ovat pienimmät. Asema 2:n kohdalla alavirtaan vaellus keskittyi syvyys-suhteista riippumatta joen pohjoisrannalle. Ylävirtaan vaellus oli vähäisintä joen keskiosan syvimmillä kohdalla.

3.1.2 Kokojakauma

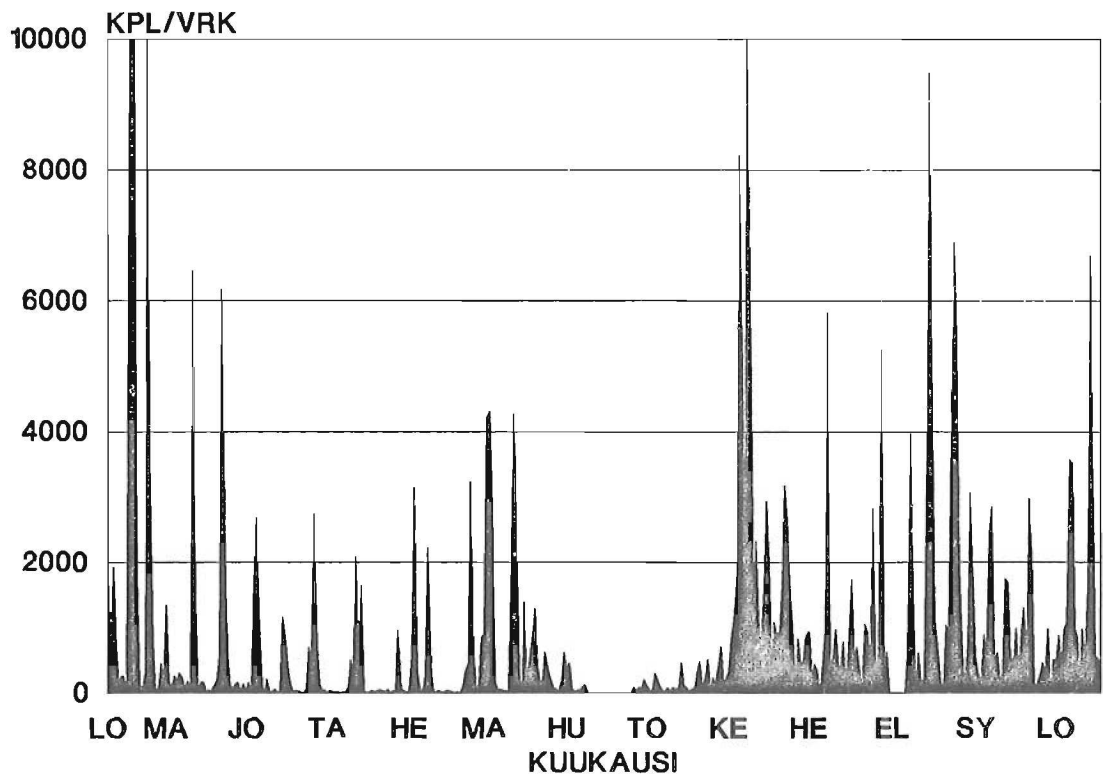
Koko tutkimusjakson aikana kaikuluotausasemilla 1 ja 2 havaittujen kalojen kokojakauma on esitetty kuvassa 14. Asemien välillä pituusjakaumat eroavat lähinnä alavirtaan vaeltaneiden kalojen aineistossa siten, että pituusluokkien –47, –45 ja –37 dB suhteellinen osuus asemalla 1 on suurempi kuin asemalla 2. Vastaavasti pituusluokkien –41 ja –39 dB osuus asemalla 2 on suurempi kuin asemalla 1. Ylävirtaan vaeltaneet kalat ovat asema 1:n tuloksessa jonkin verran pienempiä kuin asema 2:n tuloksessa.

Kuvasta 15, jossa vierekkäiset pituusluokat on yhdistetty ja koko aineisto esitetty viidessä pituusluokassa kuukausittain, voidaan havaita, että pituusluokkien ero asemien välillä on samansuuntainen koko tutkimusjakson ajan.

ASEMA 1, YLÄVIRTAAN VAELLUS

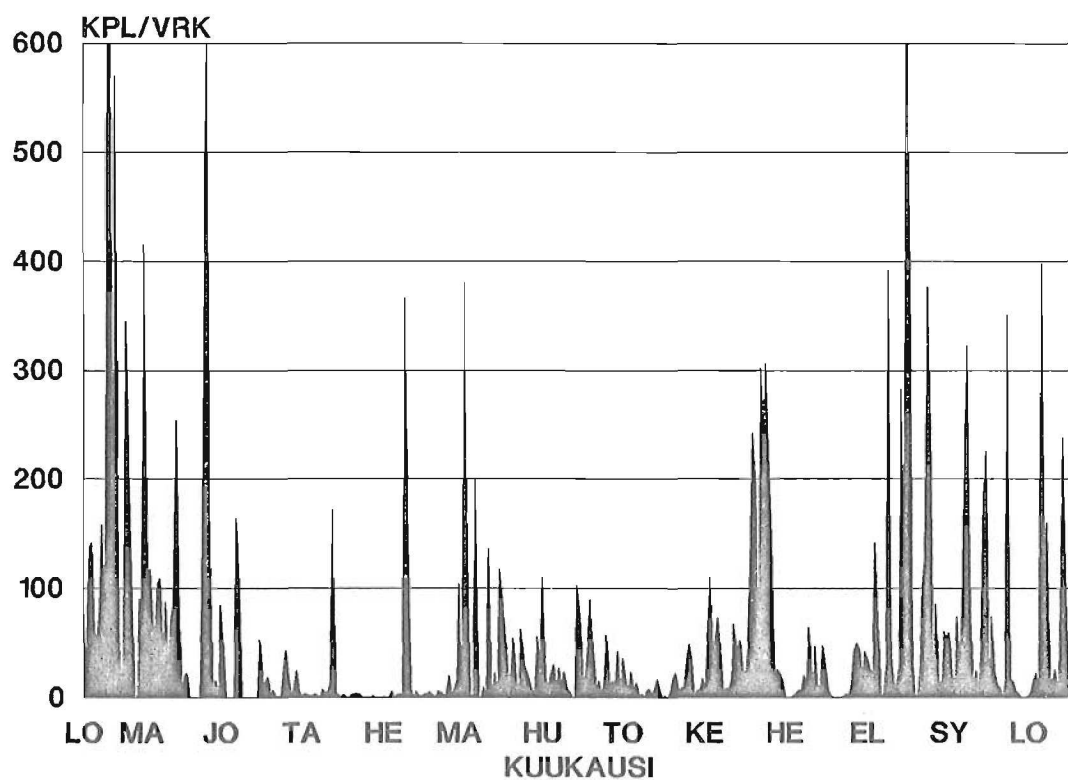


ASEMA 1, ALAVIRTAAN VAELLUS

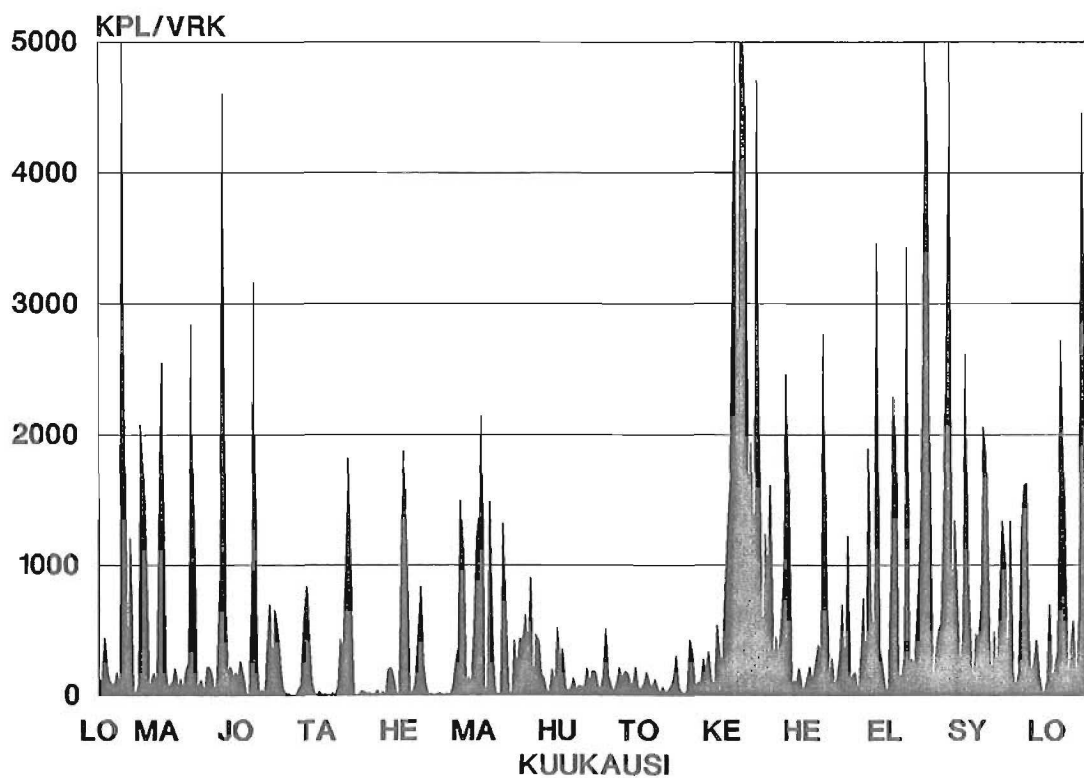


Kuva 11. Kaikuluotausasemalla 1 arvioidut vuorokausittaiset ylä- ja alavirtaan uineet kalamäärät 10.10.1990–18.10.1991. Vaellushuippujen kalamäärät on esitetty tekstissä.

ASEMA 2, YLÄVIRTAAN VAELLUS

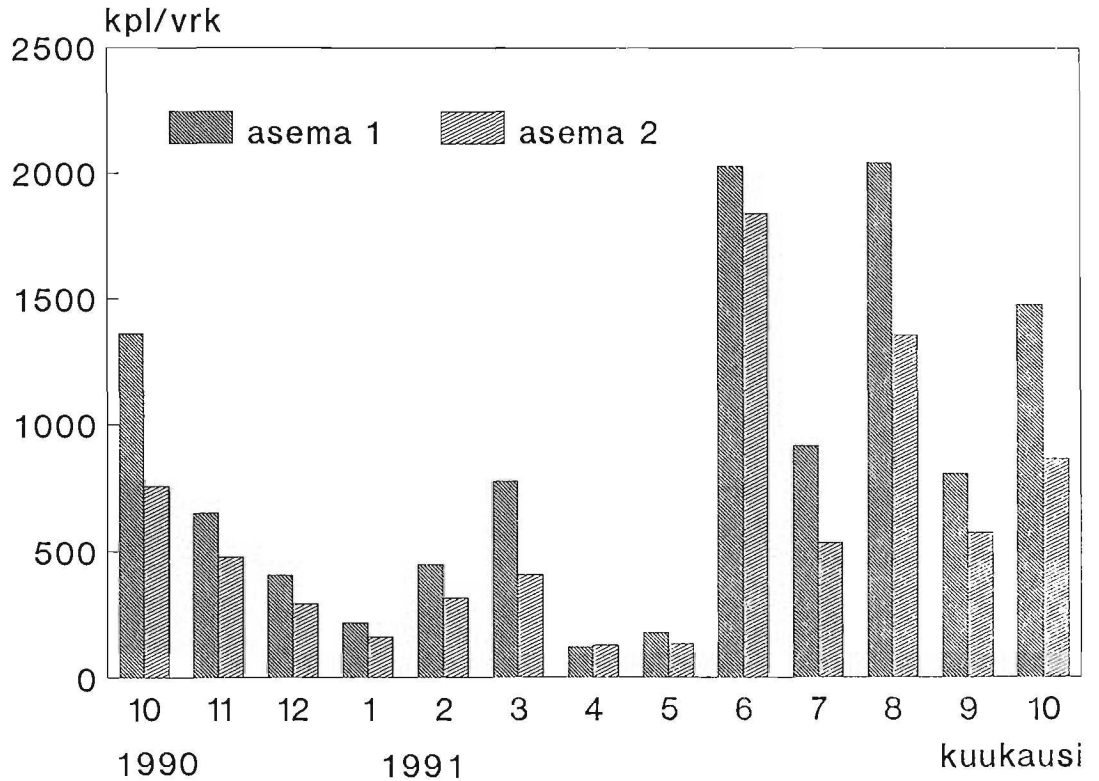


ASEMA 2, ALAVIRTAAN VAELLUS

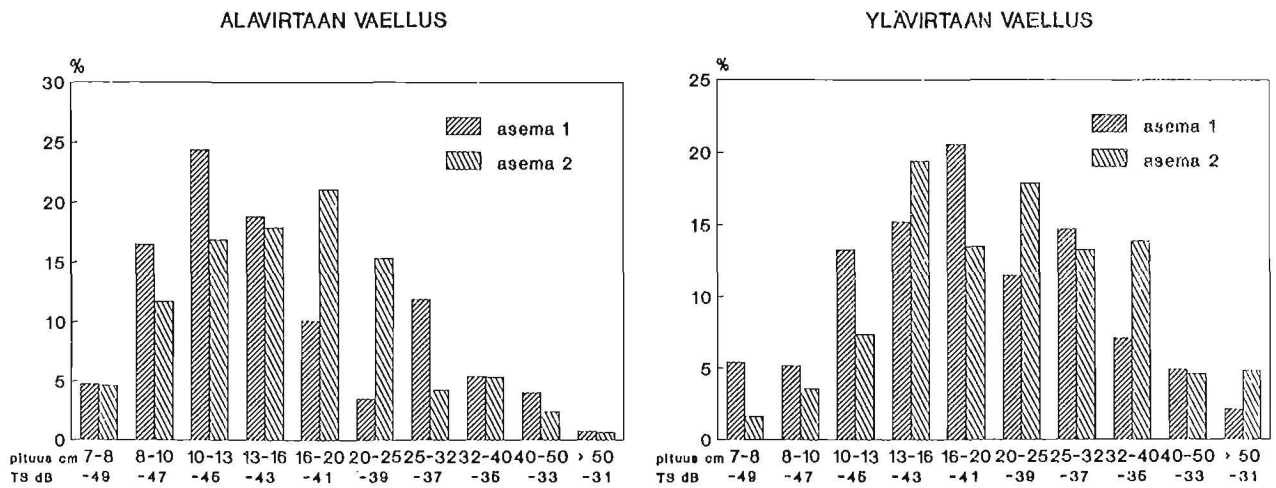


Kuva 12. Kaikuluotausasemalla 2 arvioidut vuorokausittaiset ylä- ja alavirtaan uineet kalamäärät 10.10.1990–18.10.1991. Vaellushuippujen kalamäärät on esitetty tekstissä.

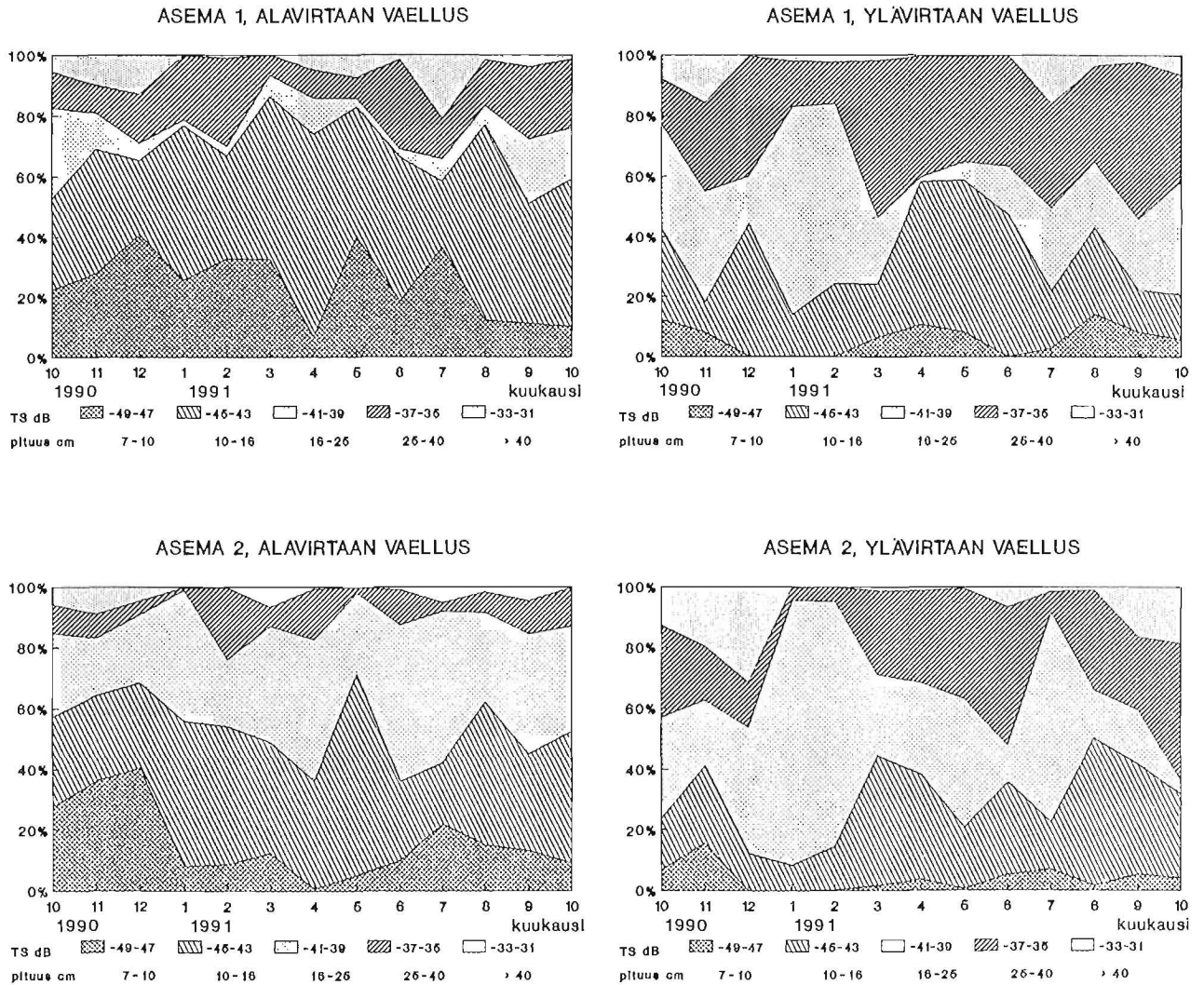
Pienten kalojen (7–10 cm) osuus oli kummankin aseman ylävirtaan vaeltaneiden kalojen määrästä huomattavasti pienempi kuin alavirtaan vaeltaneiden kalojen määrästä eli suhteellinen edestakainen liikkuminen luotausasemien kohdalla näiden kokoluokkien kohdalla oli vähäistä. Vastaavasti kokoluokissa 16–40 cm edestakainen liikkuminen oli vilkkainta.



Kuva 13. Kaikuluotausasemilla 1 ja 2 arvioitu alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä (kpl/vrk) kuukausittain.



Kuva 14. Tutkimuksen aikana (10.10.1990–18.10.1991) kertyneen luotausaineiston pituusjakauma asemilla 1 ja 2.



Kuva 15. Luotausasemilla 1 ja 2 havaittu kalojen kuukausittainen pituusjakauma ala- ja ylävirtaan uineista kaloista.

3.2 Koekalastus

3.2.1 Siika

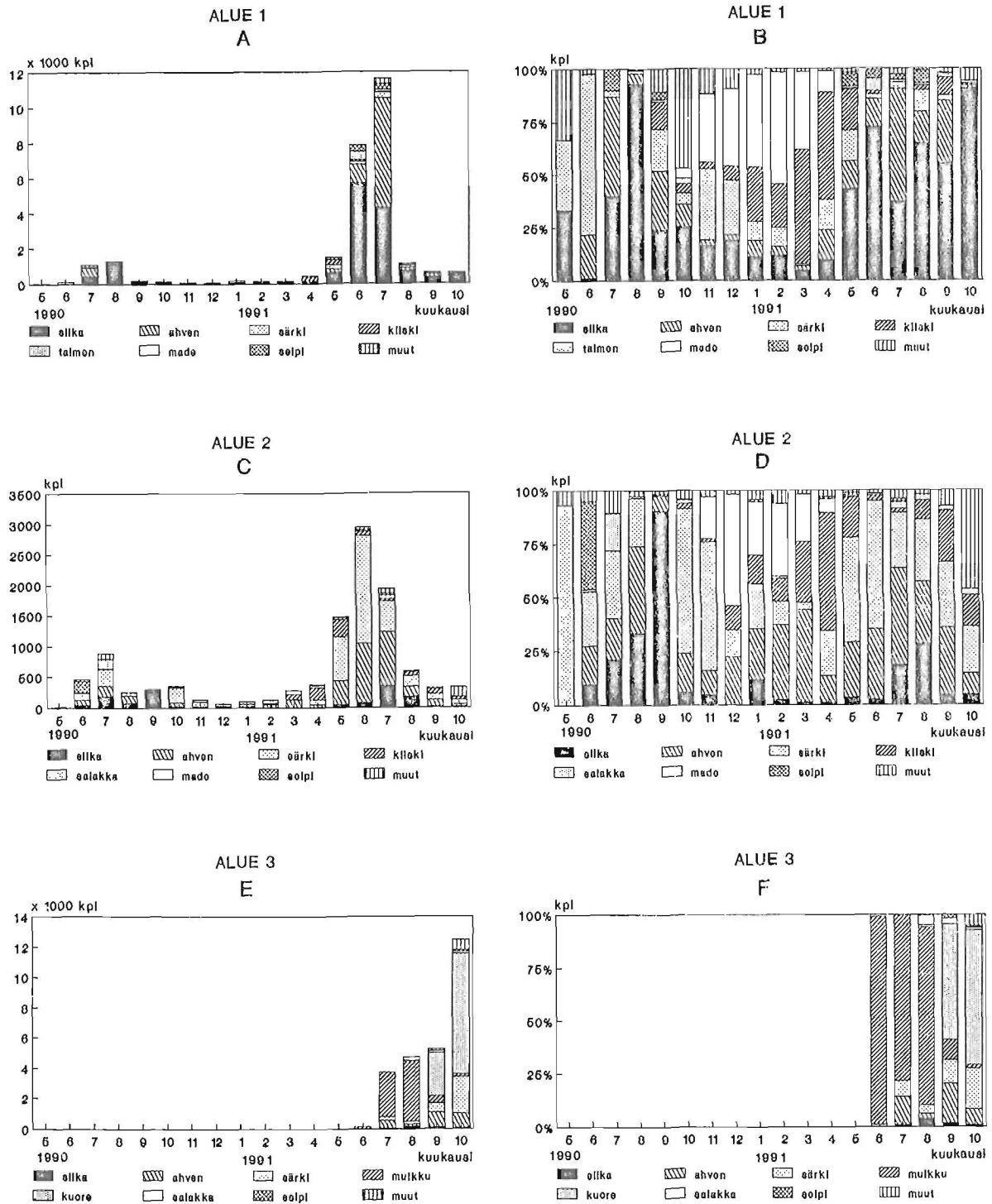
3.2.1.1 Siikasaalis ja -yksikkösaalis

Koko tutkimusjakson koekalastusten siikasaalis oli yhteensä noin 1 800 kg eli 16 000 kpl (liite 2). Suurin osa siikasaaliista (1 600 kg) saatiin alueelta 1. Alueelta 2 siikoja saatiin 180 kg ja alueelta 3 40 kg. Alueella 1 siian osuus kokonaissaaliista oli suurin (kuva 16). Vilkkaimpina vaelluskuukausina (kesä-lokakuu 1991) yli puolet saaliista oli siikaa. Alueella 2 siian osuus vastaavana aikana oli alle 20 % kokonaissaaliista.

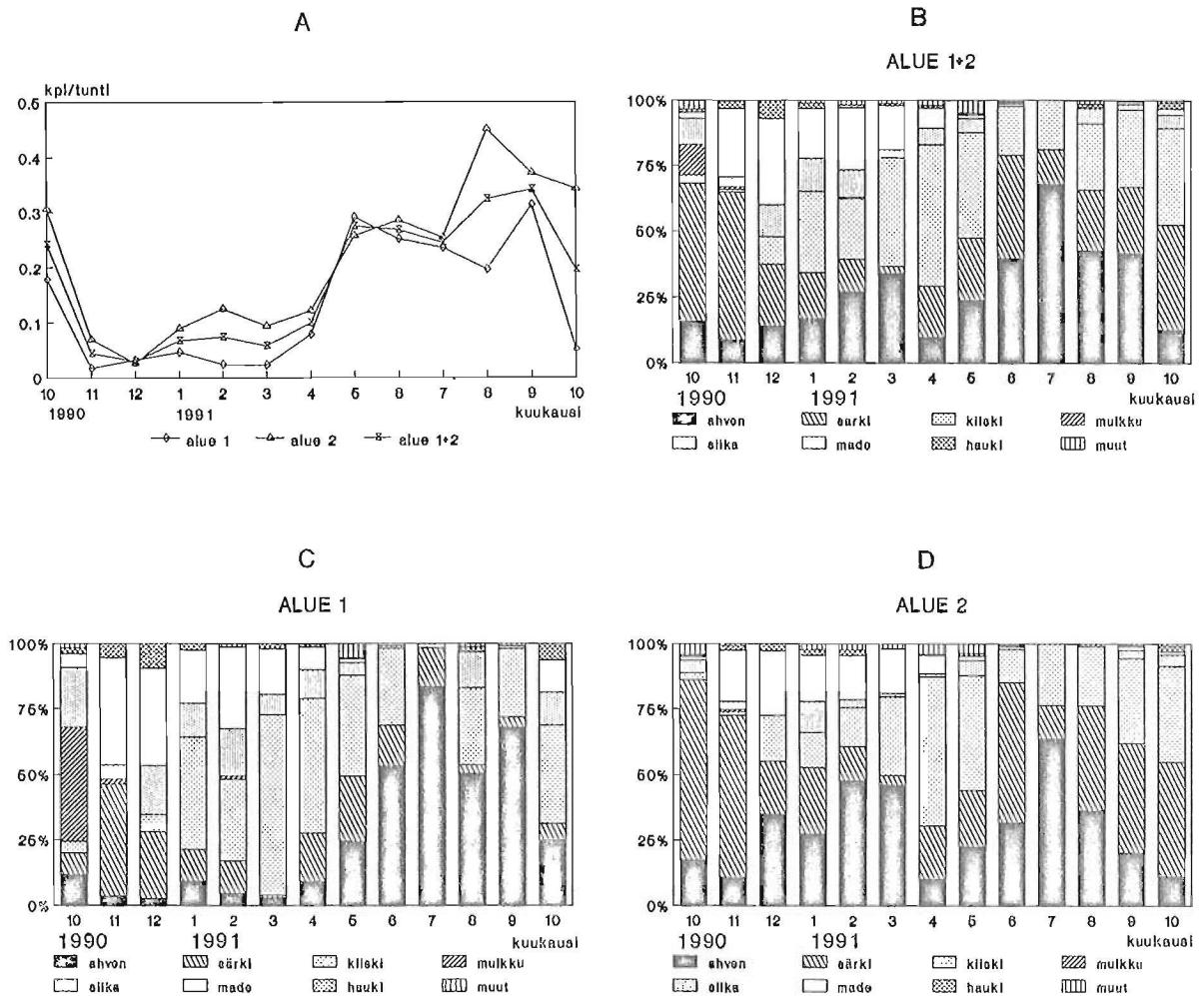
Siian yksikkösaalis kaikilla käytetyillä pyyntimuodoilla oli alueella 1 suurempi kuin alueilla 2 ja 3 (kuvat 17–19). Tutkimuksen alusta (lokakuu 1990) toukokuuhun 1991 saakka siian yksikkösaaliit kaikilla käytetyillä pyyntimuodoilla olivat pienet (kuvat 17–19). Keskitalven aikana joulukuusta maaliskuuta koepyydyksinä käytettiin ainoastaan verkkoja (kuva 8). Siikamäärien suhteellisia osuuksia joessa liikkuneista

kalamääristä talven 1990/91 aikana kuvannevat parhaiten verkkoluokkien 20–30 mm ja 31–45 kuukusittaiset yksikkösaaliit (kuvat 17–19). Tuolloin siian osuus oli melko vähäinen alueilla 1 ja 2, tosin kesällä siian verkkosaaliit olivat vieläkin heikommat.

Siian pyynti verkolla keskikesän aikana on yleensä vaikeaa ja pyyntiteho huono, joten kesäajalta verkkosaalis ei siian osalta anna luotettavaa kuvaa lajisuhteista. Alue 1:n rysäyksikkösaaliin (kuva 19) perusteella siikojen vaellus ajoittui kesäkuulle (1991) ja heinäkuun jälkimmäiselle puoliskolle. Heinäkuun alusta kuun puoliväliin siikayksikkösaaliit kaikilla käytetyillä pyydyksillä alueella 1 olivat alhaisella tasolla.



Kuva 16. Koekalastuksissa saatu kokonaissaalis kuukausittain ja lajeittain eri alueilla.



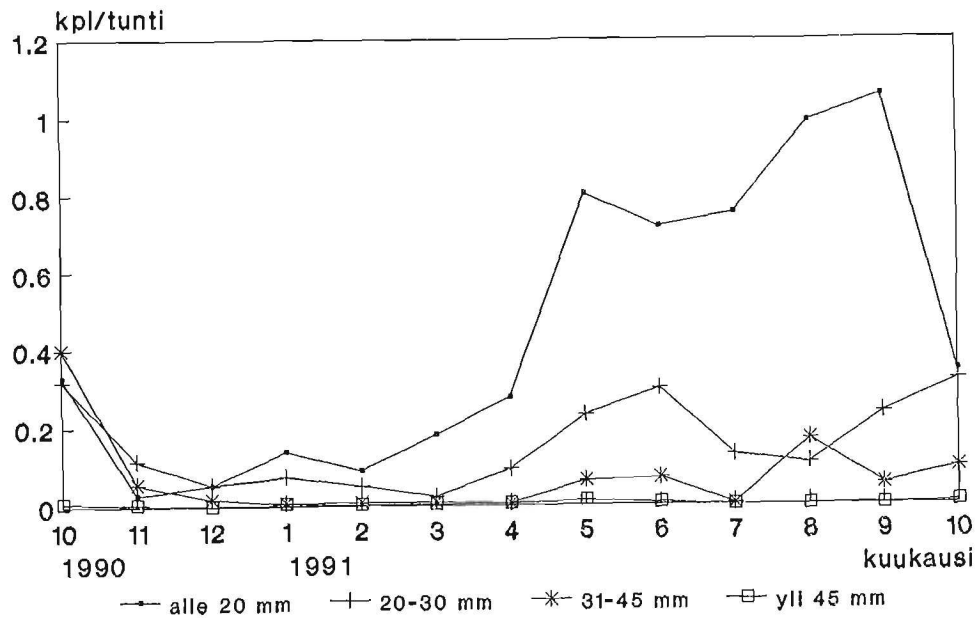
Kuva 17. Verkkoyksikkösaalis (kaikki verkkoharvuudet) alueittain kuukausikeskiarvoina sekä saaliin jakautuminen lajeittain.

Elokuun alussa siian rysäsaaliit pienenevät merkittävästi ja olivat alhaisella tasolla lokakuun loppuun saakka (kuva 19). Myös nuotan siikayksikkösaaliiden kehitys oli saman suuntaista, vaikka alue 1:n nuotta-aineisto kesällä 1991 oli melko vähäinen. Alueella 2 siian rysäyksikkösaalis oli vähäinen (kuva 19), mutta nuottayksikkösaaliin perusteella (kuva 19) voidaan havaita, että alueella 2 siikasaaliit kasvoivat vasta heinäkuun alussa ja vähenivät merkittävästi elokuun lopussa, joten muutoksessa alue 1:n yksikkösaaliiseen verrattuna on noin kolmen viikon viive. Päivien välillä siikasaaliin vaihtelu oli voimakasta.

3.2.1.2 Siikamuotojen osuudet saaliissa

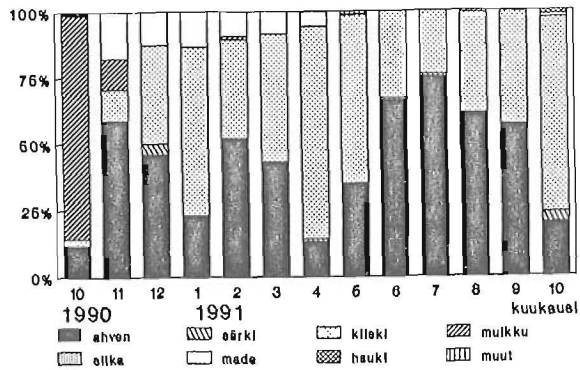
Istutettujen planktonsiikojen erottamiseksi muista siikamuodoista tutkimuksen aikana kerättiin säännöllisesti eri koepyydysten siikasaaliista näytteitä, joista määritettiin siivilähampaiden lukumäärä (kuva 20 A). Yhteensä näytteeksi kerättyjä siikoja oli 2145 kalaa. Siikojen siivilähampajakauma oli selvästi kaksihuippuinen (kuva 20 C-F).

A



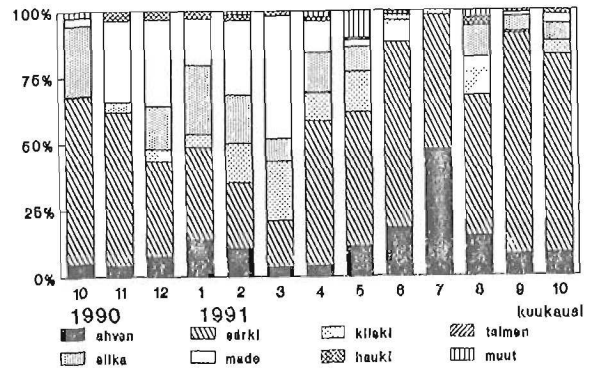
B

VERKOT ALLE 20 mm



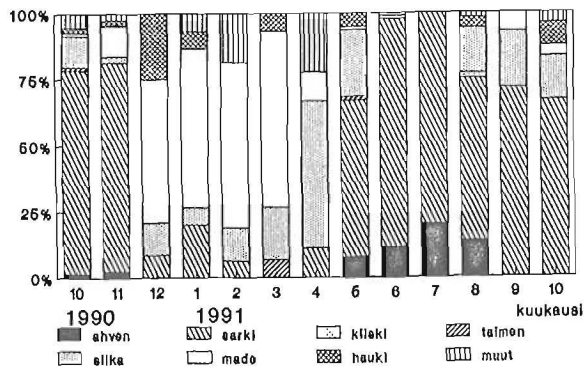
C

VERKOT 20-30 mm



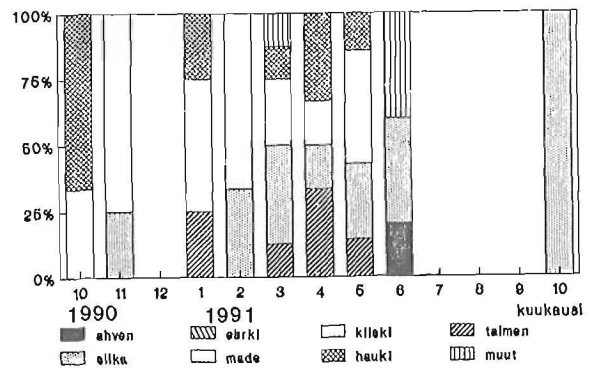
D

VERKOT 31-45 mm

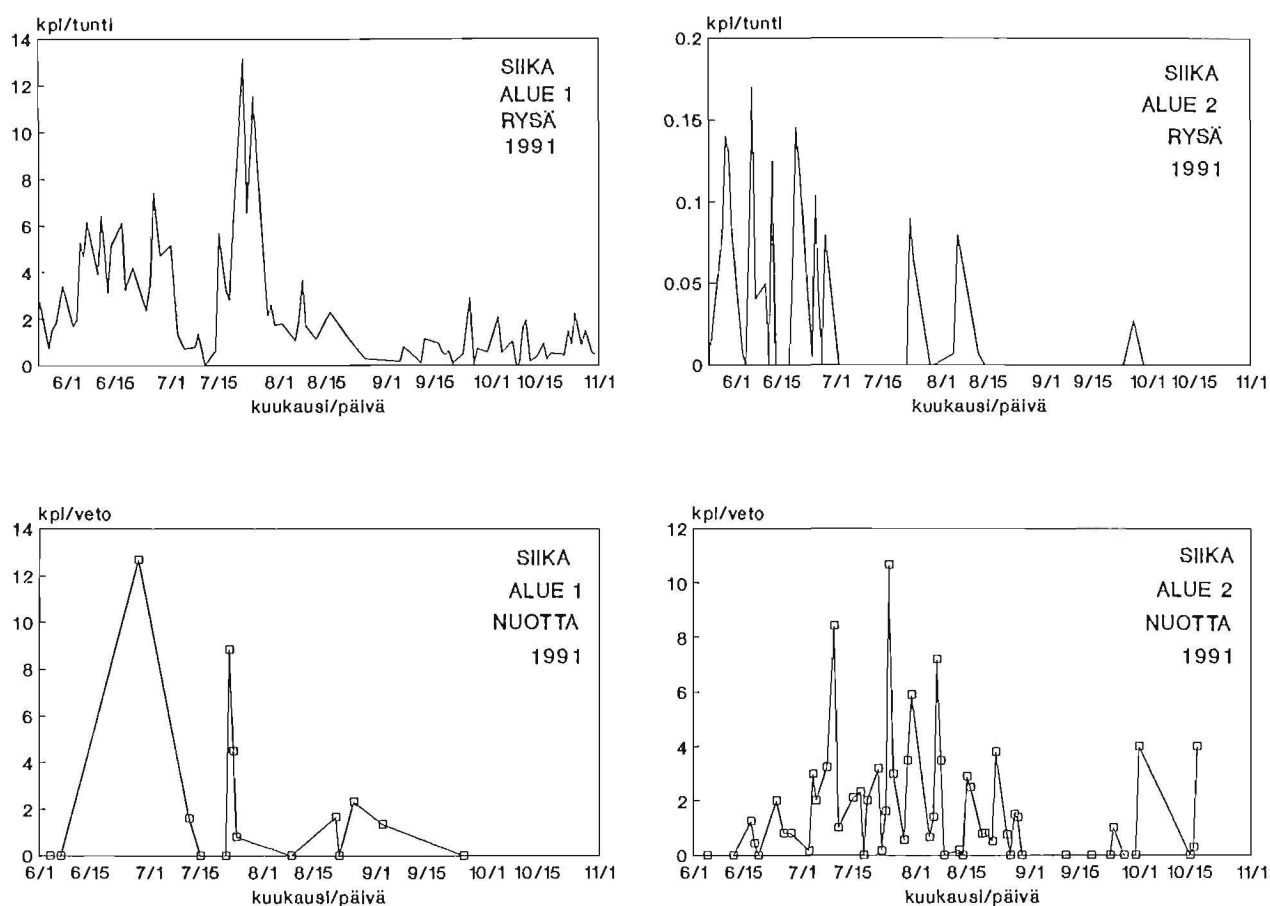


E

VERKOT YLI 45 mm



Kuva 18. Eri verkkoharvuuksien yksikkösaaliin kuukausikeskiarvot sekä saaliin lajijakauma.



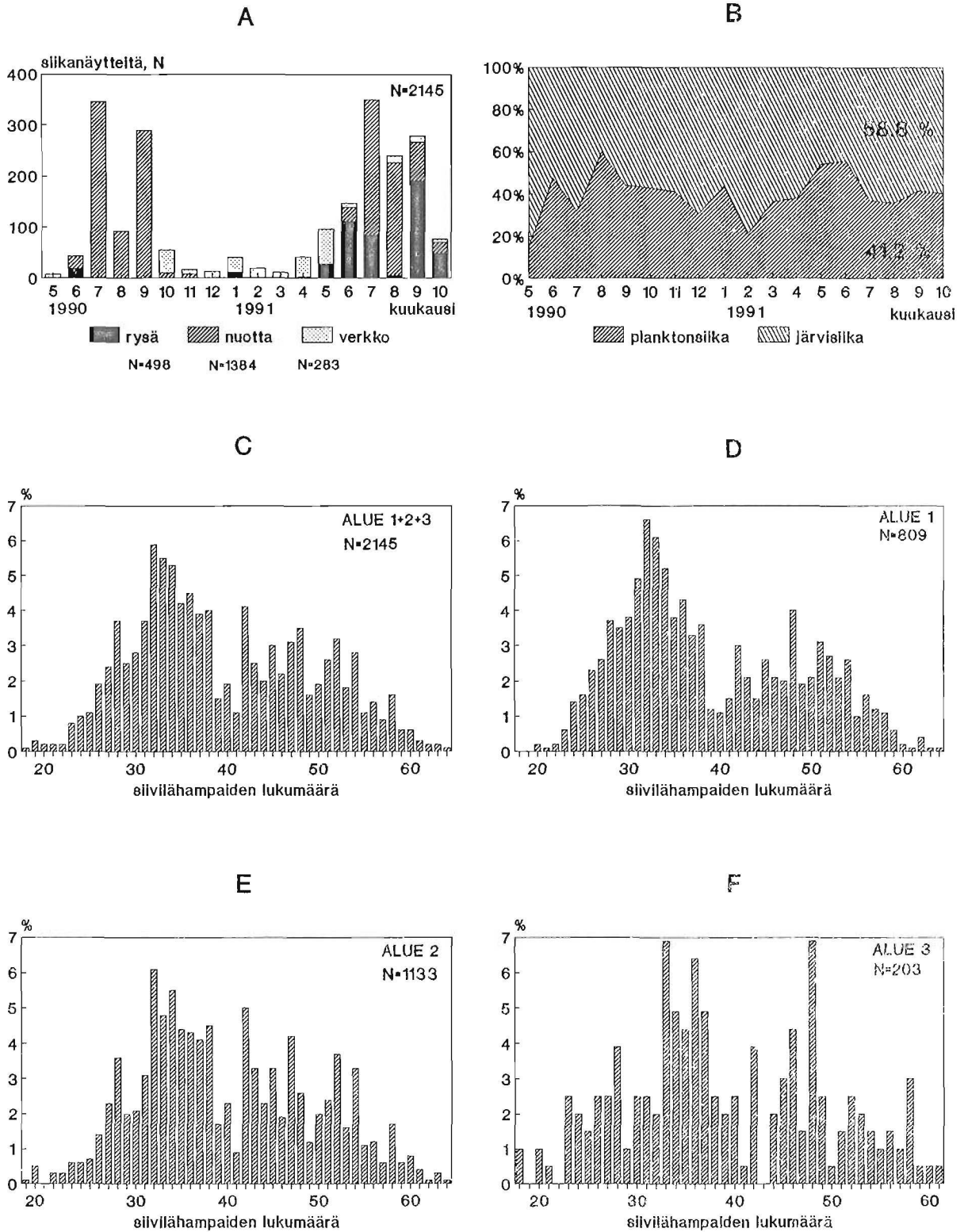
Kuva 19. Siian rysä- ja nuottayksikkösaaliit vuorokausikeskiarvoina alueilla 1 ja 2.

Kuvan 20 B perusteella voidaan päätellä, että eri siikamuotojen osuudet eivät merkittävästi vaihdelleet tutkimusjakson aikana. Toukokuun 1990 ja helmikuun 1991 aineistossa havaittu järvisiian suuri osuus ei ole luotettava havainto, koska näyttemäärä oli vähäinen kyseisinä kuukausina. Myöskään eri alueiden välillä ei merkittäviä eroja siivilähammasjakaumassa havaittu (kuva 20 D, E, F).

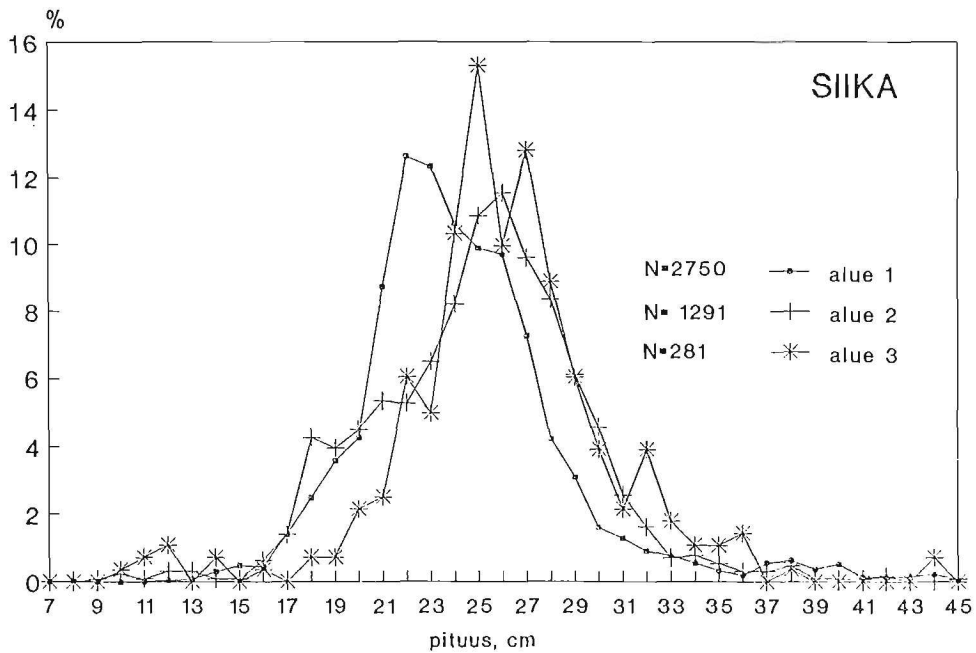
NORMSEP-ohjelmalla saatujen tulosten perusteella järvisiian (keskimääräinen siivilähammaslukumäärä 33) osuus oli 58,8 % ja istutetun planktonsiian (keskimääräinen siivilähammaslukumäärä 49) osuus oli 41,2 %. Myöhempää käsittelyä varten siika-aineisto jaettiin siten, että ne siikat, joiden siivilähammaslukumäärä oli alle 42, tulkittiin järvisiioiksi ja siivilähampaiden lukumäärän ollessa 42 tai suurempi kyseessä oli planktonsiika.

3.2.1.3 Siikojen ikä, kasvu sekä kokojakauma

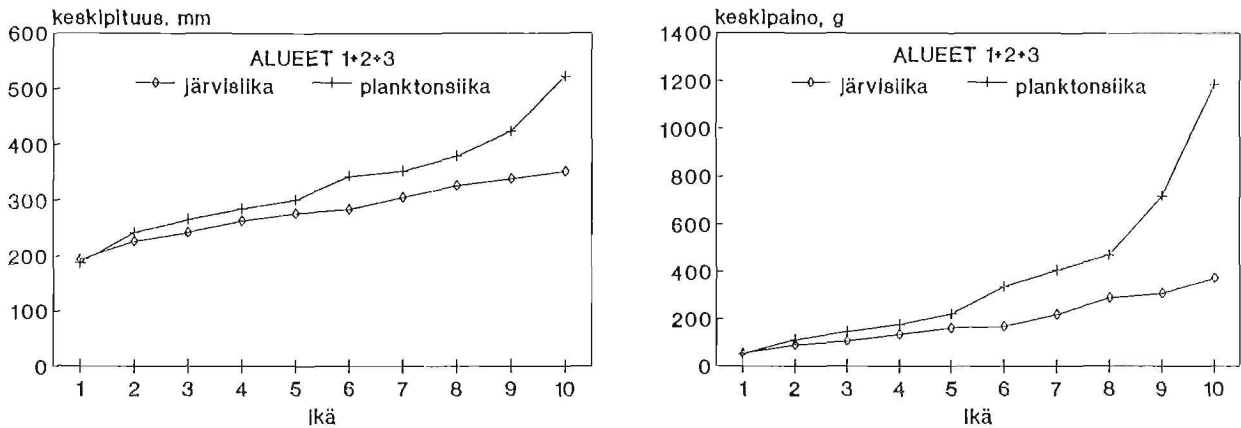
Siikojen kokojakauma eri alueilla on esitetty kuvassa 21. Alueelta 2 ja 3 pyydetyt siikat olivat jonkin verran pidempiä kuin alueelta 1 pyydetyt. Kummankin siikamuodon kasvu (kuva 22) on samaa tasoa kuin siian kasvu Oulujärvellä (Salojärvi ym. 1990, Salojärvi 1992a). Kuvia 23 ja 24 vertaamalla voidaan havaita siika-aineistossa 1-vuotiaiden osuuden kasvu saalisnäytteissä alueella 2 ja väheneminen alueella 1 vuodesta 1990 vuoteen 1991.



Kuva 20. Siikojen siivilähampasaineiston ajallinen jakautuminen (A), arvioitu planktonsiikojen ja järvisiikojen osuus kuukausittaisesta aineistosta (B) sekä siivilähampasaineiston frekvenssija-kauma alueittain (C-F).



Kuva 21. Eri koekalastusalueilta pyydettyjen siikojen pituusjakauma.



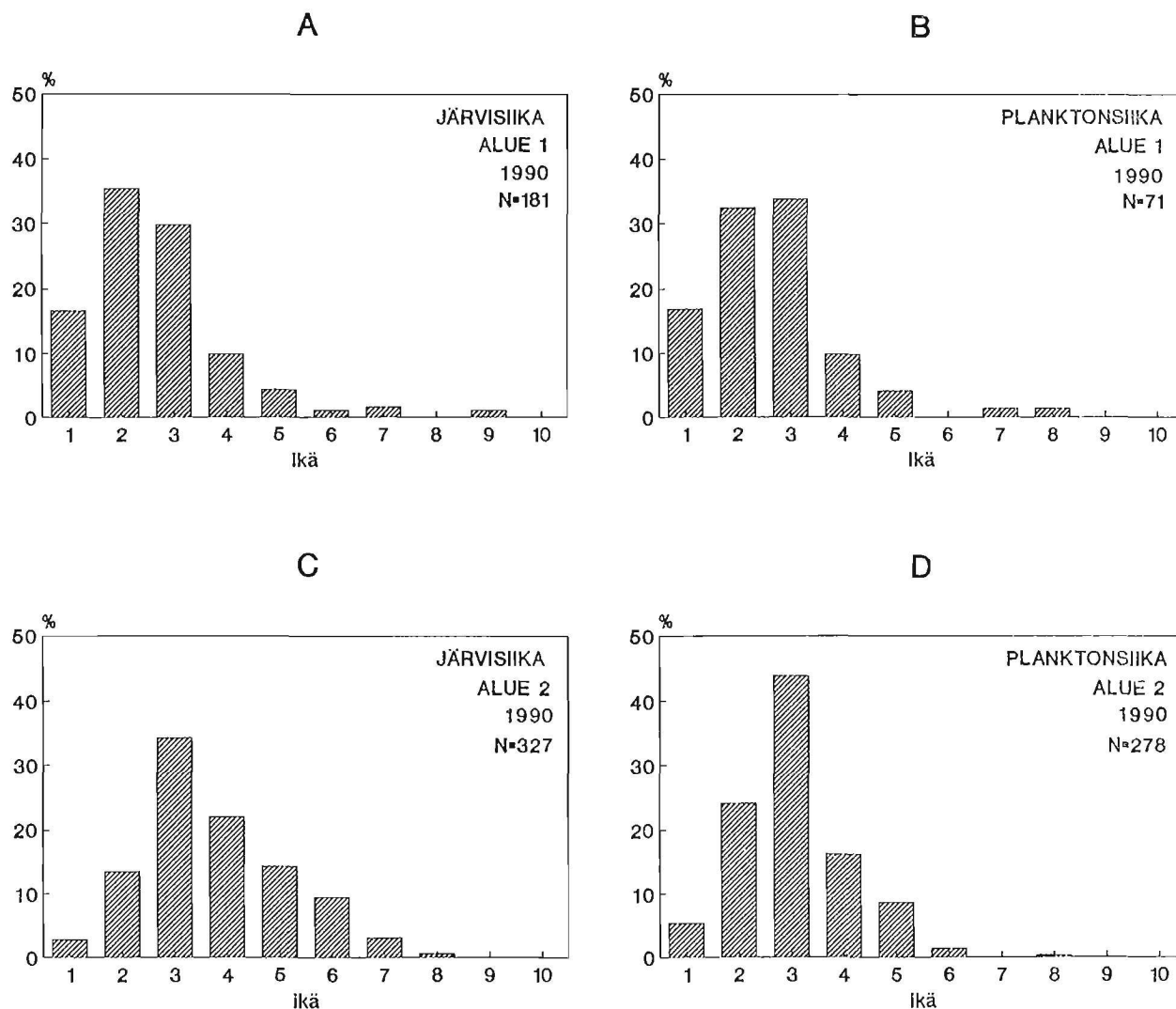
Kuva 22. Järvi- ja planktonsiikojen ikäryhmäkohtaiset keskipituudet ja -painot koko tutkimusjakson aikana kerätyistä näytteistä.

3.2.1.4 Siikojen merkintätulokset

Tutkimuksen aikana siikoja merkittiin alueella 1 yhteensä 10 475 kalaa, joista kesällä 1990 merkittiin 1 507 ja kesällä 1991 8 968 kalaa.

Kaikkiaan tutkimuksen aikana merkityistä sioista saatiin palautuksia 396 kalaa eli 3,8 %. Palautuksista 87,6 % saatiin merkintäalueelta (alue 1), 3,3 % saatiin Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta tai sitä alemmaa Oulujoeista ja 9,1 % rysästä 1 (alue 1:n ulkopuolelta, kuvat 4 ja 9).

Vuonna 1990 merkityistä sioista saatiin palautuksia kaikkiaan 108 kalaa eli 7,2 %. Palautuksista saatiin 82,4 % merkintäalueelta (alue 1), 9,3 % Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta tai sitä alemmaa Oulujoeista ja 8,3 % rysästä 1 (alue 1:n ulkopuolelta). Merkilläpantavaa tuloksessa on se, että palautuksista 76 kpl eli 70,4 % saatiin vuonna 1991, siis vasta vuoden kuluttua merkinnästä. Näistä 3,9 % saatiin Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta tai sitä alemmaa Oulujoeista, 11,8 % saatiin rysästä 1 (alue 1:n ulkopuolelta) ja 84,2 % merkintäalueelta (alue 1).

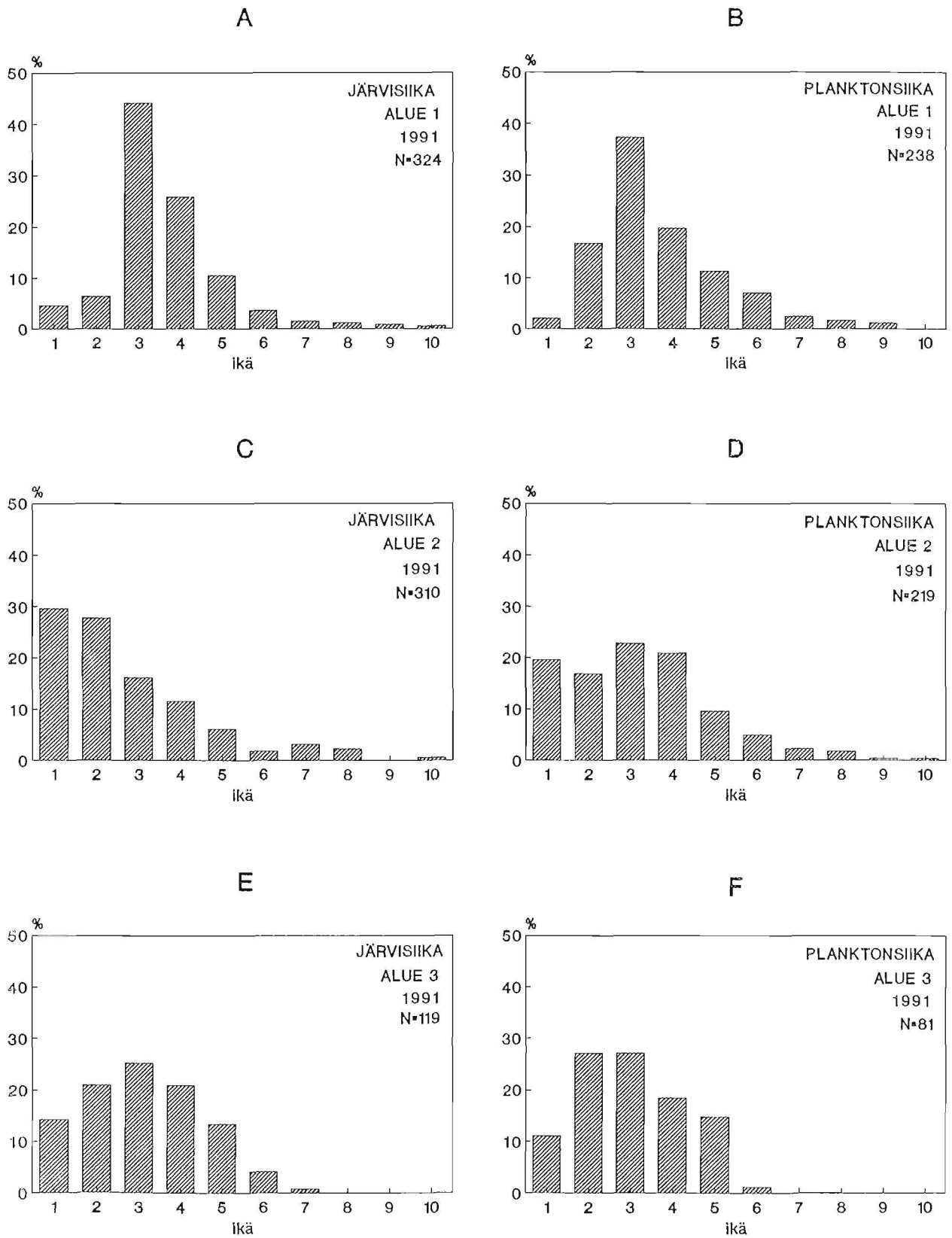


Kuva 23. Eri siikamuotojen ikäjakauma alueittain vuonna 1990 kerätyistä näytteistä.

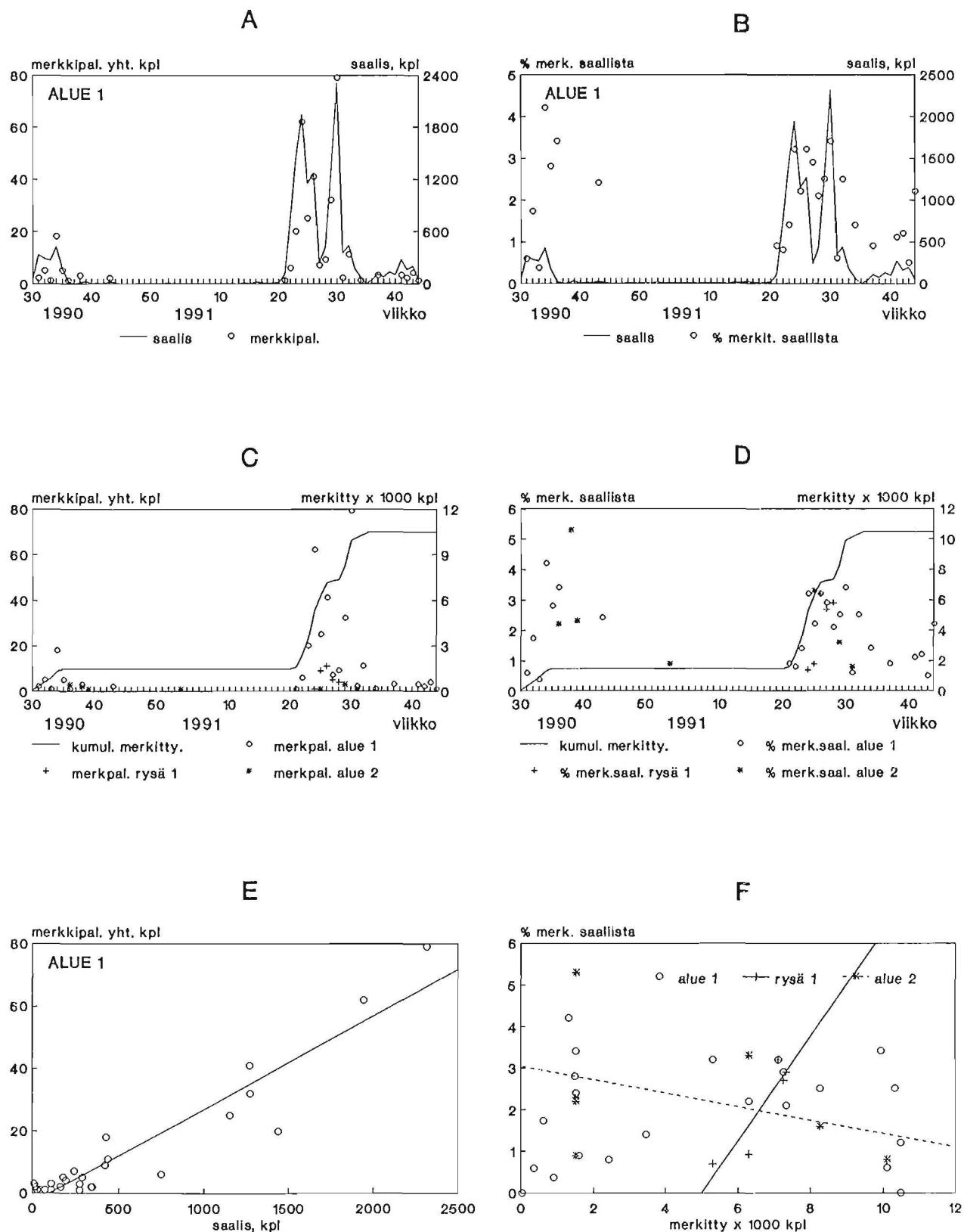
Vuonna 1991 merkityistä sioista saatiin palautuksia yhteensä 288 kalaa eli 3,2 %. Palautuksista 89,6 % saatiin merkintäalueelta (alue 1), 1,0 % Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta tai sitä alemmaa Oulujoesta ja 9,4 % rysästä 1.

Kuvan 25 F perusteella voidaan päätellä, että merkintäalueella (alue 1) palautusten suhteellinen osuus saaliista ei huomattavasti kasvanut eikä vähentynyt, vaikka alueelle vapautettiin jatkuvasti uusia merkittyjä kaloja. Tämä on mahdollisesti seurausta siitä, että merkityt kalat vaelsivat alue 1:n ulkopuolelle, ja tilalle vaelsi uusia merkitsemättömiä kaloja. Merkittyjen kalojen suuri kuolleisuus olisi ilmeisesti aiheuttanut samansuuntaisen tuloksen. Tämä on kuitenkin epätodennäköistä sumpuuskokeiden perusteella ja sen perusteella, että vuonna 1990 merkittyjen kalojen palautuksista suurin osa saatiin vuonna 1991 eli vasta vuoden kuluttua.

Rysästä 1 merkkikaloja etsittiin 13.6.–14.7.1991 välisenä aikana (kuva 9, liite 1). Tarkastelu-aika oli lyhyt, mutta ajankohta otollinen, koska siikojen vaellus oli tuolloin vilkkainta ja viikottaiset merkintämäärät suurimmat koko tutkimusjakson. Kuvista 25 D ja F voi havaita, että merkkisiikojen osuus rysä 1:n saaliissa kasvoi nopeasti alueella 1 vapautettujen merkkisiikojen määrän kasvaessa.



Kuva 24. Eri siikamuotojen ikäjakauma alueittain vuonna 1991 kerätyistä näytteistä.



Kuva 25. Polttomerkittyjen siikojen palautukset. A: viikottaiset siikasaaliit sekä merkittyjen kalojen määrä (kpl) saaliissa alueella 1 (merkintäalue). B: kuten A, mutta merkityt siat %-osuuksina saaliista. C: viikottain merkittyjen siikojen kumulatiivinen määrä ja merkittyjen kalojen määrä (kpl) saaliissa eri alueilla. D: kuten C, mutta merkityt siat %-osuuksina saaliista. E: viikottaisen saaliin ja saaliissa olleiden merkittyjen kalojen määrän (kpl) riippuvuus alueella 1. F: merkittyjen siikojen kumulatiivisen määrän ja saaliissa olleiden merkittyjen siikojen osuuden (%) riippuvuus eri alueilla. ----- = alue 2, ——— = rysä 1.

Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta merkkikaloja etsittiin alueilta 2 ja 3. Kuvista 25 D ja F voi havaita, että merkittyjen osuus tutkitusta saaliista Jylhämän alapuolella jopa väheni alueella 1 vapautettujen merkkisiikojen määrän kasvaessa. Tämä viittaa siihen, että alueelle 2 on tutkimusjakson aikana vaeltanut siikoja myös jostakin muualta kuin Oulujärvestä (alueelta 1).

Muut mahdolliset vaelluslähteet ovat Kutujoki (kuva 9) ja Oulujoki Oy:n luonnonravintolammikosta karanneet kalat. Lammikossa on kasvatettu planktonsiikaa ja vuosituotanto oli vuonna 1990 yhteensä 26 600 yksikesäistä planktonsiikaa ja 1991 28 800 yksikesäistä planktonsiikaa. Kesän 1990 aikana lammikosta ei kuitenkaan liene merkittävästi karannut kaloja, kun taas kesän 1991 aikana näin on saattanut tapahtua (J. Tulokas suul.). Tämä ei kuitenkaan vaikuta oleellisesti tutkimuksen tulokseen kalojen pienen koon vuoksi. Koekalastuksissa saatiin 0+ -ikäisiä siikoja vain muutama yksittäinen kala.

Merkinnästä aiheutuvan kuolleisuuden tutkimiseksi tehtyjen sumputuskokeiden tulokset on esitetty taulukossa 2. Suurimmillaan siikojen kuolleisuus oli 25.6.91 alkaneessa kokeessa. Tuolloin merkityistä kaloista kuoli 14 %, tosin merkitsemättömiä kaloja kuoli enemmän (16 %).

Lämpötilaero pintaveden ja pohjaveden välillä oli suurimmillaan vain kolme astetta eikä lämpötilakerrostuneisuutta esiintynyt alueella vallitsevien virtausten vuoksi. Pienimmillään kuolevuus oli viileän veden aikana toukokuun lopulla tehdyissä sumputuksissa, jolloin ei kuollut yhtään siikaa.

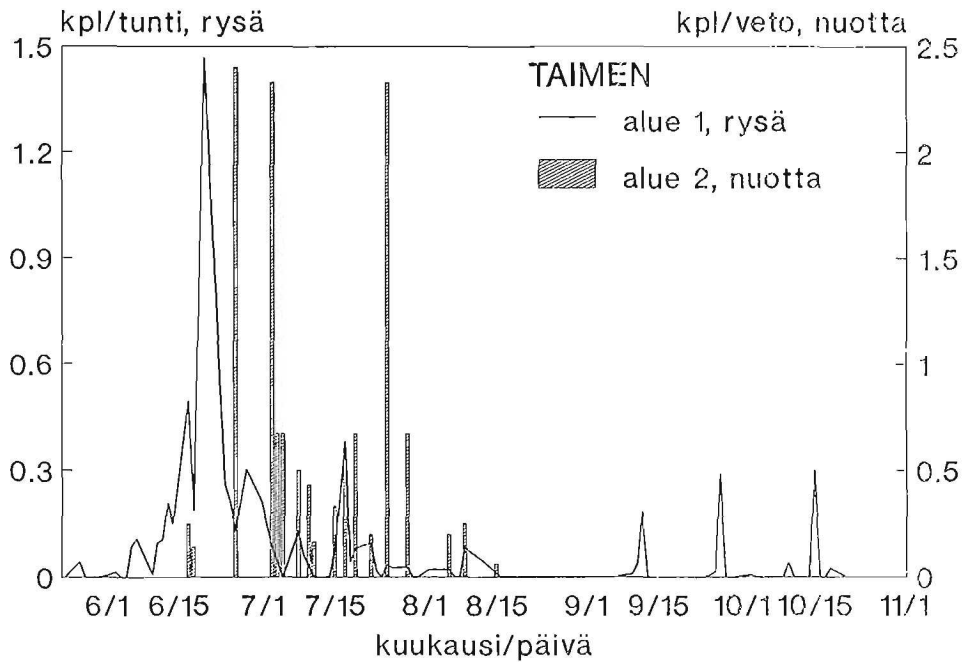
Taulukko 2. Sumputettujen merkittyjen ja merkitsemättömien siikojen kokonaismäärä ja kuolleiden osuus koe-erittäin sekä sumputuksen kesto ja pintaveden lämpötila.

	Sumputuksen alkamispvm					Yhteensä
	29.5.	30.5.	18.6.	25.6.	6.8.	
Sumputuksen kesto vrk	7	6	7	7	7	
Pintaveden lämpötila °C						
sumputuksen alkaessa	5,4	–	13,8	14,7	19,5	
sumputuksen loppuessa	7,7	7,7	14,8	14,5	–	
Merkittyjä kpl	34	47	41	50	63	235
kuollut kpl	0	0	3	7	5	15
kuollut %	0,0	0,0	7,3	14,0	7,9	6,4
Merkitsemättömiä kpl	33	42	28	56	55	214
kuollut kpl	0	1	0	9	0	10
kuollut %	0,0	2,4	0,0	16,1	0,0	4,7

3.2.2 Taimen

3.2.2.1 Taimensaalis ja -yksikkösaalis

Taimen ja järvilohi käsiteltiin yhdistettynä aineistona, koska kaikki kenttätöntekijät eivät niitä pystyneet varmasti toisistaan erottamaan. Taimensaaliit olivat vuoden 1990 ja talven 1991 aikana melko vähäisiä. Tuona aikana eri kokoisia taimenia oli saaliissa suhteellisen tasaisesti, nuoria kaloja jonkin verran enemmän. Lähes kaikki tutkimuksen aikana koekalastuksissa saadut taimenet saatiin lyhyenä aikana kesäkuun alusta heinäkuun puoliväliin vuonna 1991. Saaliin ajoittuminen näkyy alue 1:n rysäyksikkösaaliista kuvassa 26. Alueelle 1 saalisuippu ajoittui neljän päivän ajalle



Kuva 26. Taimenen rysäyksikkösaalis alueella 1 ja nuottayksikkösaalis alueella 2.

(19.6.–22.6.1991). Alueella 2 taimensaaliin huippu nuottapyynnissä ajoittui noin viikkoa myöhempään aikaan kuin alueella 1 (kuva 26). Koekalastusten kokonais-taimensaalis oli n. 161 kg (748 kpl).

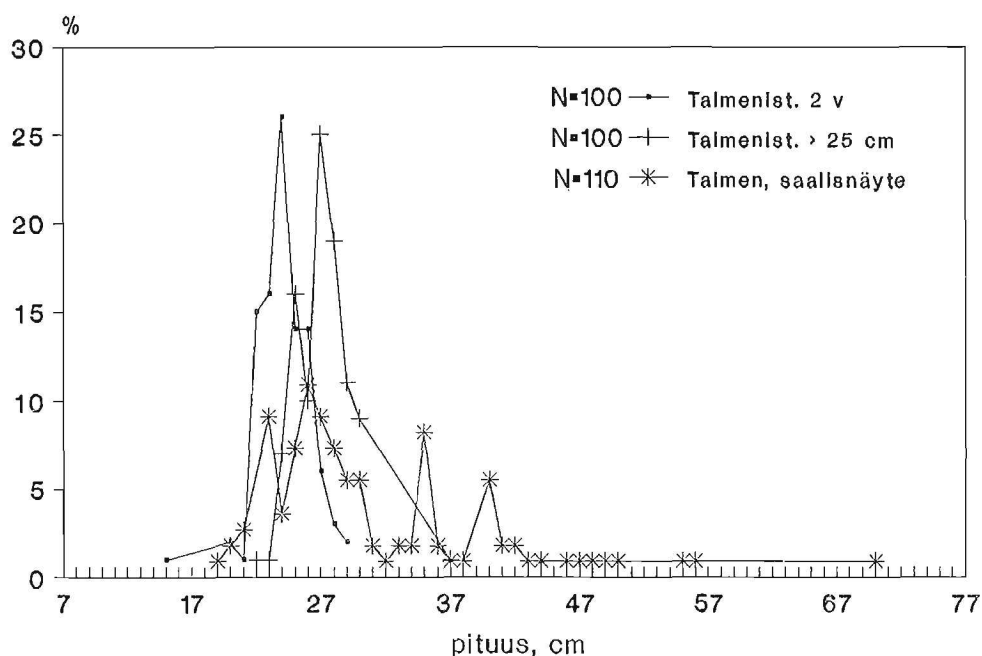
Vuonna 1991 kesä–heinäkuun aikana paikalliset kalastajat kalastivat Jylhämän voimalaitoksen patovallilta taimenia vapakalastusvälineillä ja saaliit olivat koekalastajien havaintojen mukaan välillä melko runsaita. Kesä–heinäkuussa onkineiden määrä oli kerrallaan noin 10–20 henkilöä. Ongittujen taimenten kokonaismääräksi arvioitiin n. 1 000 kalaa. Arvio perustuu koekalastajien tekemiin havaintoihin.

Parhaina taimenen vaellusaikoina koekalastuksissa taimenen verkkosaaliit olivat huomattavasti vähäisempiä kuin muilla pyydyksillä. Kun koeluonteisesti (28.6.91) kalastettiin nuotalla Jylhämän patovallin ja onkikalastajien läheisyydestä muutamia vetoja, oli parhaan vetokerran saalis 64 taimenta. Luotaustulosten mukaan suurin taimenten vaellushuippu Jylhämän yläpuolella oli tuolloin jo ohitettu (ks. luku 3.4, kuva 37).

3.2.2.2 Taimenen ikä- ja kokojakauma

Koekalastusten taimensaaliin ikäjakauma arvioitiin kalojen koon, suomunäytteiden ja merkintätulosten perusteella. Taimenista arvioitiin noin 93 % olleen kesän 1991 istutuksista peräisin, 4 % toista vuotta järvessä eläneitä, 2 % kolmatta vuotta järvessä eläneitä ja 1 % tätä vanhempia. Pienistä taimenista otettiin suomunäytteitä ikämäärittystä varten vain muutaman kalan otos. Pääsääntöisesti kalat tunnistettiin saman kesän istukkaiksi koon ja ulkonäön perusteella.

Kuvassa 27 on esitetty saaliista mitattujen taimenten pituusjakauman lisäksi kahden eri istutuserän kalojen pituusjakauma. Suurin osa saaliiksi saaduista pienistä taimenista vapautettiin eikä niistä mitattu kuin osa. Vapautettujen taimenten oletettiin merkintätulosten perusteella olevan vasta istutettuja ja niiden koon noudattavan istutuserien kalojen pituusjakaumaa ja kokonaistaimensaaliin pyynnin yhteydessä mitattujen ja istutuspituuksien perusteella arvioitujen kalojen pituusjakauman yhdistettyä aineistoa.



Kuva 27. Taimenen pituusjakauma saalisnäytteistä sekä kahdesta eri istutuserästä.

3.2.2.3 Taimenen merkintätulokset

Tutkimuksen aikana taimenia merkittiin alueella 1 rysä- ja nuottasaaliin kaloista 35:nä päivänä yhteensä 440 kalaa, joista kesällä 1990 merkittiin 2 ja kesällä 1991 438 kalaa. Ennen istutusta taimenia merkittiin seitsemästä eri istutuserästä yhteensä 3 140 kalaa. Kyseiset erät istutettiin eri puolille Oulujärveä (kuva 28). Tiedot merkintäeristä ja palautuksista on esitetty taulukossa 3.

Kaikkiaan tutkimuksen aikana merkityistä taimenista saatiin palautuksina 29 kalaa eli 0,8 % (taulukko 4). Palautuksista 75,9 % saatiin alueelta 1, 17,2 % saatiin Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta tai sitä alemmaa Oulujoesta ja 6,9 % rysästä 1.

Rysästä 1 (kuva 9) tutkittiin vuonna 1991 yhteensä 19 taimenta, joista merkittyjä kaloja löytyi 2 kpl (10,5 %). Alue 1:n kokonaistaimensaalis vuonna 1991 oli 641 kpl. Tästä merkittyjä kaloja oli 22 kpl (3,4 %). Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta tai sitä alemmaa Oulujoesta saalis, josta polttomerkkejä etsittiin oli vuonna 1991 yhteensä 102 taimenta. Näistä merkittyjä kaloja oli yhteensä 5 kalaa (4,9 %).

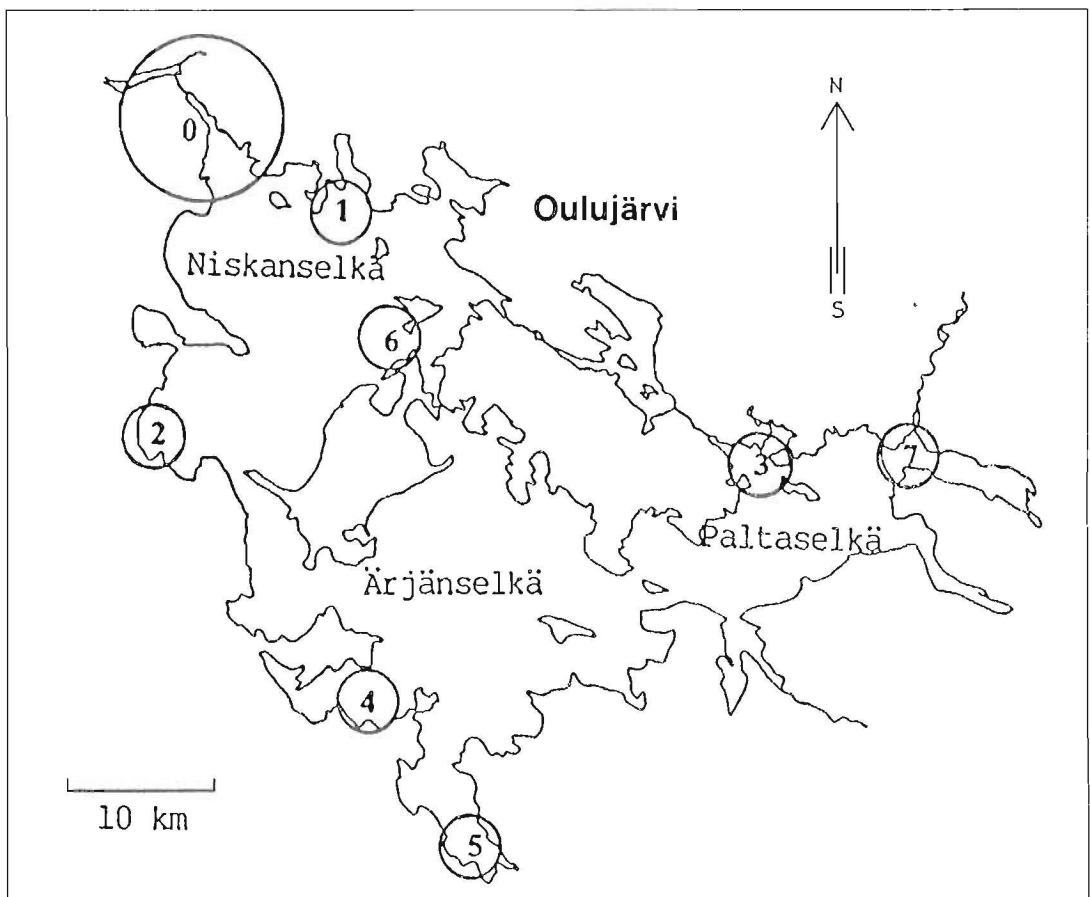
Merkintöjen perusteella taimenia vaelsi Oulujokeen joka puolelta Oulujärveä. Ainoa istutuspaikka, josta vapautettuja merkkitaimenia ei saatu tutkimusalueelta oli istutuspaikka nro 3 (kuva 28). Lukumääräisesti eniten palautuksia (5 kpl) saatiin tutkimusalueelta lähimmäksi istutetusta erästä (istutuspaikka nro 1, kuva 28). Suhteessa merkintämäärään (vrt. taulukko 3) palautuksia (2,0 %) saatiin kuitenkin eniten tutkimusalueelta kauimmaksi istutetusta erästä (istutuspaikka nro 7, kuva 28). Jos istutuspaikkoja verrataan selkäalueittain, Niskanselältä vaelsi kaloja Oulujoelle lähes kolme kertaa enemmän kuin Ärjänselältä ja Paltaselältä.

Merkittyjen taimenten (3 140 kpl) istutuserissä vapautettiin yhteensä 18 051 kalaa. Muita Oulujärveen kesällä 1991 istutettuja taimenia oli 40 015 kalaa. Järvilohia istutettiin 11 400 kalaa. Yhteensä Oulujärveen istutettiin 69 466 taimenta tai järvilohia. Tässä yhteydessä taimenten ja järvilohien istutuserät käsitellään yhdessä, koska saaliista näitä lajeja ei eroteltu. Näin ollen istutushetkellä merkittyjä kaloja istutetuista oli 4,5 %.

Taulukko 3. Ennen istutusta merkityt taimenet istutuserittäin.

Istutus- erä ^{*)}	Istutus- päivä- määrä	Istutuserässä yhteensä vapautettu- jen taimen- ten määrä	Istutuserästä merkittyjen kalojen lukumäärä	Istutuserän kalojen keski- pituus (mm)	Istutuserästä saatujen merkki- palautusten lukumäärä	Palautusten osuus (%) merkittyjen määrästä	Keskimääräinen aika vuoro- kausina kalojen vapauttamisesta pyyntihetkeen
1	22.5.91	2 333	500	272	5	1,0	27
2	22.5.91	2 355	500	272	4	0,8	36
3	23.5.91	3 596	500	279	–	–	–
4	24.5.91	3 000	500	278	2	0,4	36
5	27.5.91	3 300	505	278	1	0,2	41
6	27.5.91	2 770	535	278	4	0,7	32
7	28.5.91	697	100	278	2	2,0	34
Yhteensä		18 051	3 140		18	0,6	33

^{*)} Vastaa kuvan 28 numerointia.



Numerointi 1–7 vastaa taulukon 3 numerointia.
0 = koekalastusalue, josta merkkipalautukset saatiin.

Kuva 28. Taimenten istutuserien vapautuspaikat.

Koekalastuksissa saaliiksi saatujen kesän 1991 taimenistukkaiden joukossa kyseisiä merkkitaimenia oli kuitenkin vain 2,6 %, joten on todennäköistä, että koekalastusalueelle vaeltaneista taimenista suurempi osa oli muitten istutuserien kaloja kuin lähtötilanteessa eli istutushetkellä. Arvioon on voinut vaikuttaa myös Oulujärven yläpuolisista vesistöistä alasvaeltaneet taimenet, joiden määrää ei ole pystytty arvioimaan. Oulujärven yläpuolisiin vesiin istutettiin vuonna 1991 lähes 90 000 taimenta tai järvilohia.

Merkintöjen perusteella ei huomattavaa taimenten paluuliikennettä Jylhämän voimalaitoksen läheisyydestä takaisin Oulujärvelle havaittu ainakaan merkintöjen perusteella koerysissä 1, 2 ja 3. Ainoastaan yksi alueella 1 merkityistä taimenista saatiin palautuksena rysästä 1.

Yksikkösaaliin ja merkintätulosten perusteella voitaneen päätellä, että suurin osa alueelle 1 saapuneista taimenista jatkoi vaellustaan Jylhämän voimalaitoksen läpi Oulujokea alaspäin. Lähes kaikki tuona aikana saadut taimenet olivat kokonsa perusteella samana keväänä istutettuja. Merkintöjen perusteella vaellusaika istutuspai- kalta Oulujärven luusuaan kesti keskimäärin kuukauden (taulukko 3).

Merkinnästä aiheutuvaa kuolevuutta tutkittiin Montan kalanviljelylaitoksella ennen istutusta. Kokeessa ei kuollut yhtään polttomerkittyä taimenta.

3.2.3 Muut lajit

3.2.3.1 Lajit ja niiden runsaussuhteet

Tutkimuksen aikana koekalastuksissa saadut eri pyydysten kokonaissaaliit on esitetty alueittain ja lajeittain liitteessä 2. Lukumääräinen kokonaissaalis kuukausittain sekä lajijakauma eri alueilla on esitetty kuvassa 16, jossa on kaikkien pyydysten yhdistetty saalis.

Tutkimuksen aikana koekalastuksissa saatu kokonaissaalis oli yli 3 800 kiloa ja 75 000 kalaa. Saaliskalojen keskipaino oli siten n. 50 grammaa. Kuvasta 16 nähdään, että kokonaissaalis on saatu suurimmaksi osaksi kesä-lokakuun aikana 1991. Myös luotausaineiston perusteella sama ajankohta oli kiivainta vaellusaikaa. Kaikkien lajien yhteenlaskettu sekä tärkeimpien saalislajien (poislukien siika ja taimen) lajikohtaiset rysä- ja nuottayksikkösaaliit on esitetty kuvassa 29 ja verkkoyksikkösaaliit kuvissa 17 ja 18.

Kaikenkaikkiaan koekalastuksissa saadun saaliin lajijakauma oli laaja, sillä eri saalislajeja oli kaksikymmentä. Saalislajit olivat (lukumääräisessä runsausjärjestyksessä): särki, ahven, siika, kuore, muikku, kiiski, seipi, salakka, taimen, made, hauki, lahna, kirjolohi, järvilohi, harjus, kymmenpiikki, kivenuoliainen, simppe, ruutana, ja ankerias. Edellä mainittu saalisjärjestys ei kuitenkaan kerro kyseisten lajien merkityksestä alasvaeltaneiden kalojen määrässä. Jo se seikka, että luotaustuloksissa otettiin huomioon ainoastaan 7 cm tai suuremmat kalat, muuttaa saaliin lajijärjestyistä merkittävästi.

Ahven- ja särkisaaliista jouduttiin vähentämään huomattava osa pieniä kaloja (alle 7 cm kalat) ennen luotaustuloksen arviointia eri lajeina. Kymmenpiikki, simppe ja kivenuoliainen jäivät lopullisesta arviosta kokonaan pois pienen kokonsa vuoksi. Kuoresaaliista 83 % ja muikkusaaliista 97 % saatiin alueelta 3, joten näiden lajien osuudet jäivät vähäisiksi luotaustulokseen vaikuttavassa saaliissa. Tämän lisäksi kirjolohia ja harjusta saatiin ainoastaan alueelta 2, joten on todennäköistä, että nämä lajit eivät vaeltaneet Oulujärvestä, vaan ne ovat kyseisen jokialueen paikallista lajistoa.

Kirjolohta on kalastuskunta istuttanut alueelle 2 myös tutkimusjakson aikana. Muita lajeja alueelle 2 ei ole istutettu tutkimusjakson aikana. Luotaustulosta arvioitaessa harjus ja kirjolohi kuitenkin otettiin huomioon, koska ne ovat voineet rekisteröityä asema 2:n tulokseen edestakaisena liikenteenä. Ruutanoita ja ankeriaita saatiin vain yksi kutakin, joten alasvaellusta arvioitaessa niiden osuus on merkityksetön.

Verkkoyksikkösaaliit (kuva 17) alueilla 1 ja 2 olivat samansuuntaisia koko tutkimusjakson ajan, myös verkkosaaliin lajijakauma oli melko samanlainen. Suurin ero alueiden välillä yksikkösaaliissa oli vuoden 1991 elokuussa ja lokakuussa. Lajijakaumassa suurin ero on särjen osuuksissa. Alueelta 2 särkeä saatiin koko tutkimusjakso ajan huomattavasti suurempia yksikkösaaliita kuin alueelta 1. Toinen selkeä ero on ahvenen suhteellisen pieni määrä talvikuukausina alueella 1 verrattuna alue 2:n verkkosaaliisiin.

Ennakko-odotusten mukaan muikkua olisi pitänyt vaelttaa suuria määriä Oulujärvestä Oulujokeen. Olivathan paikalliset kalastajat saaneet aikaisempina vuosina hyviä muikkusaaliita verkoilla ainakin Nuojuan voimalaitoksen alapuolisesta altaasta (R. Haapala, suul.).

Muikun esiintyminen koekalastussaaliissa alueilla 1 ja 2 oli kuitenkin hyvin satunnaista ja vähäistä vaikka käytössä oli koko ajan muikun pyyntiin sopivia pyydyksiä; tiheäsilmäisiä verkkoja (10–18 mm), rysiä (perä 10 mm) ja nuottia (perä 8 mm ja 5 mm) (ks. liite 9).

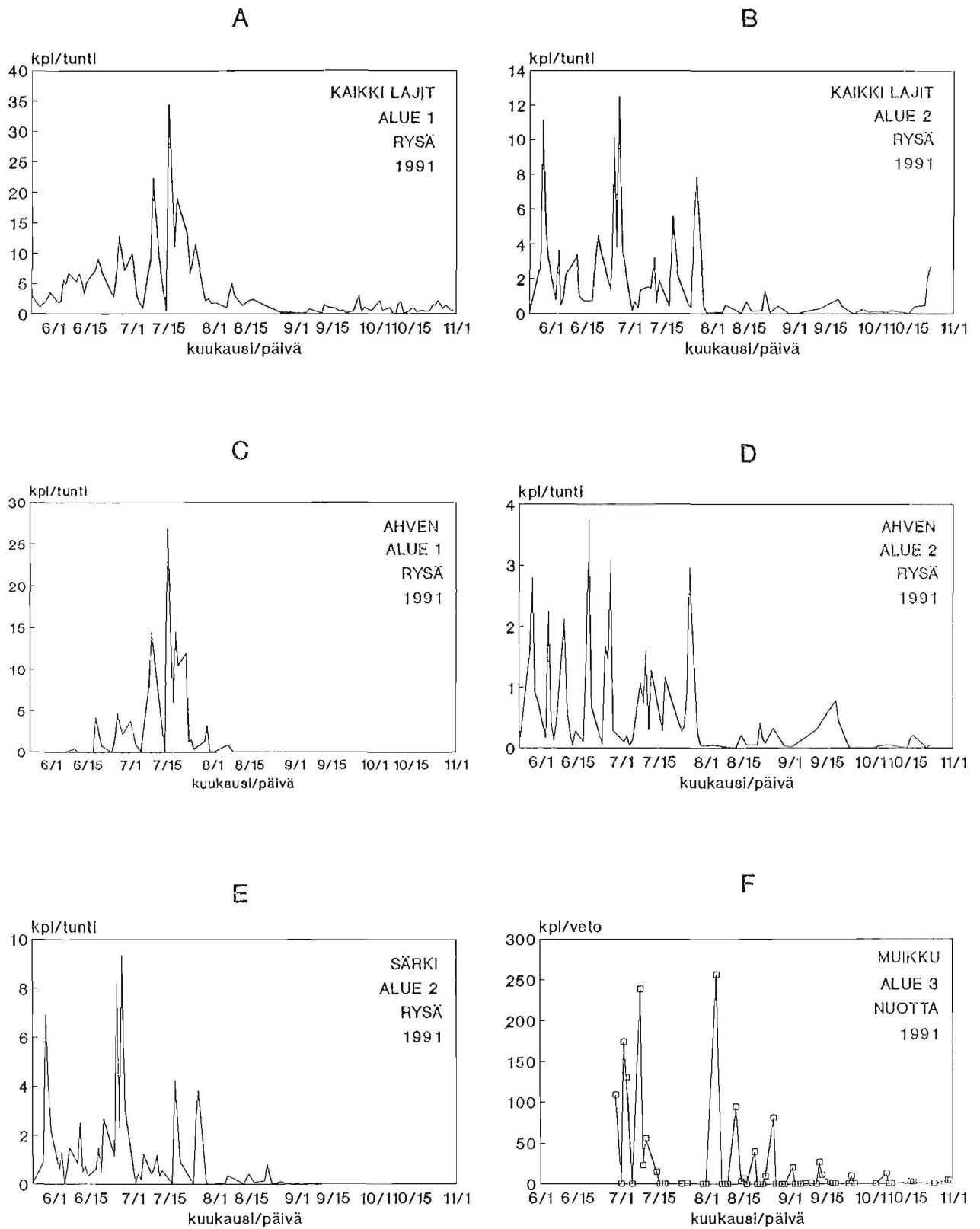
Kesällä 1991 nuottapyyntiä laajennettiin alueelle 3 eli Nuojuan voimalaitoksen alapuoliselle jokiosuudelle, josta saadut muikkusaaliit olivatkin melko huomattavia, yhteensä yli 300 kiloa. Vetokohtaiset saaliit olivat suurimmillaan heinäkuun ja elokuun alussa. Jostain syystä muikut katosivat pyyntialueelta heinäkuun jälkeisen puoliskon ajaksi (kuva 29 F). Myös lokakuussa muikut olivat nuottapyyntin ulottumattomissa.

Kesällä 1991 havaittiin koekalastusalucella huomattavia määriä vastakuoriutuneita muikunpoikasia. Niitä esiintyi noin 1 viikon aikana kesäkuussa 1991 (22.6.–29.6.1991) Jylhämän ja Nuojuan voimalaitosten yläpuolella patovallin edessä tiheinä silmin havaittavina parvina veden pintakerroksissa. Koekalastajien arvioiden mukaan poikasia oli muutamien aarien kokoisia lauttoja. Vaeltaneiden poikasten laji varmistettiin muutamien haavituin otoksin. Nämä kalat tulivat todennäköisesti Oulujärveltä, koska niitä muutamaa päivää aikaisemmin havaittiin alue 1:n rysien perissä. Myöhemmässä vaiheessa (29.6.1991 jälkeen) poikaset hävisivät joen yläpäästä ja niitä löytyi enää Nuojuan voimalaitoksen alapuolelta (alue 3). Vaeltaneiden muikunpoikasten määrän arviointi oli tässä tutkimuksessa mahdotonta, koska luotaustuloksissa arvioitiin ainoastaan 7 cm ja tätä suuremmat kalat. Vaellusajan kohtana muikunpoikaset olivat n. 2–3 cm pituisia.

3.2.3.2 Ikä, kasvu sekä kokojakauma

Hauki- ja madesaaliin ikäjakauma on esitetty taulukossa 4. Muikkujen ikäjakauma ja ikäryhmäkohtaiset keskipituudet ja -painot on esitetty kuvassa 30.

Muikkujen ikäjakaumassa voidaan havaita merkittävä ero verrattaessa alue 3:n aineistoa Oulujärveltä ja alueelta 1 kerättyyn aineistoon (kuva 30). Alueella 3 vanhojen, yli kaksi vuotiaiden muikkujen osuus on huomattavasti suurempi kuin muilla alueilla. Kuvasta 30 E ja F voidaan myös havaita, että alueelta 3 pyydettyjen muikkujen kasvu ensimmäisen ikävuoden jälkeen on ollut jonkin verran parempi kuin muilla alueilla. Ärjänselällä muikkujen kasvu on lähes samaa tasoa kuin alueella 3, kun taas Niskanselältä sekä alueelta 1 pyydettyjen muikkujen kasvu on heikointa (selkäalueiden sijainti: ks. kuva 28). Alueella 2 tutkimuksen aikana aikuisia muikkuja ei saatu saaliksi kuin muutamia kaloja (kuva 31).



Kuva 29. A ja B = Rysien kokonaisyksikkösaalis alueilla 1 ja 2. C ja D = Ahvenen rysäyksikkösaalis alueilla 1 ja 2. E = Särjen rysäyksikkösaalis alueella 2. F = muikun nuottayksikkösaalis alueella 3. (vuorokausikeskiarvoina).

Taulukko 4. Mateen ja hauen koekalastusten saalisnäytteiden ikäjakauma vuosien 1990 ja 1991 aineistosta.

Ikä	Made				Hauki			
	1990		1991		1990		1991	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	4,8
2	0	0,0	1	0,5	7	22,6	4	6,4
3	1	4,0	13	7,1	8	25,9	20	32,3
4	7	28,0	39	21,2	7	22,6	13	21,0
5	9	36,0	42	22,8	2	6,4	6	9,7
6	3	12,0	30	16,3	5	16,1	8	12,9
7	3	12,0	34	18,5	0	0,0	1	1,6
8	2	8,0	7	3,8	1	3,2	4	6,4
9	0	0,0	9	4,9	0	0,0	2	3,3
10	0	0,0	3	1,6	0	0,0	0	0,0
11	0	0,0	6	3,3	1	3,2	0	0,0
20	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,6
Yhteensä	25	100,0	184	100,0	31	100,0	62	100,0

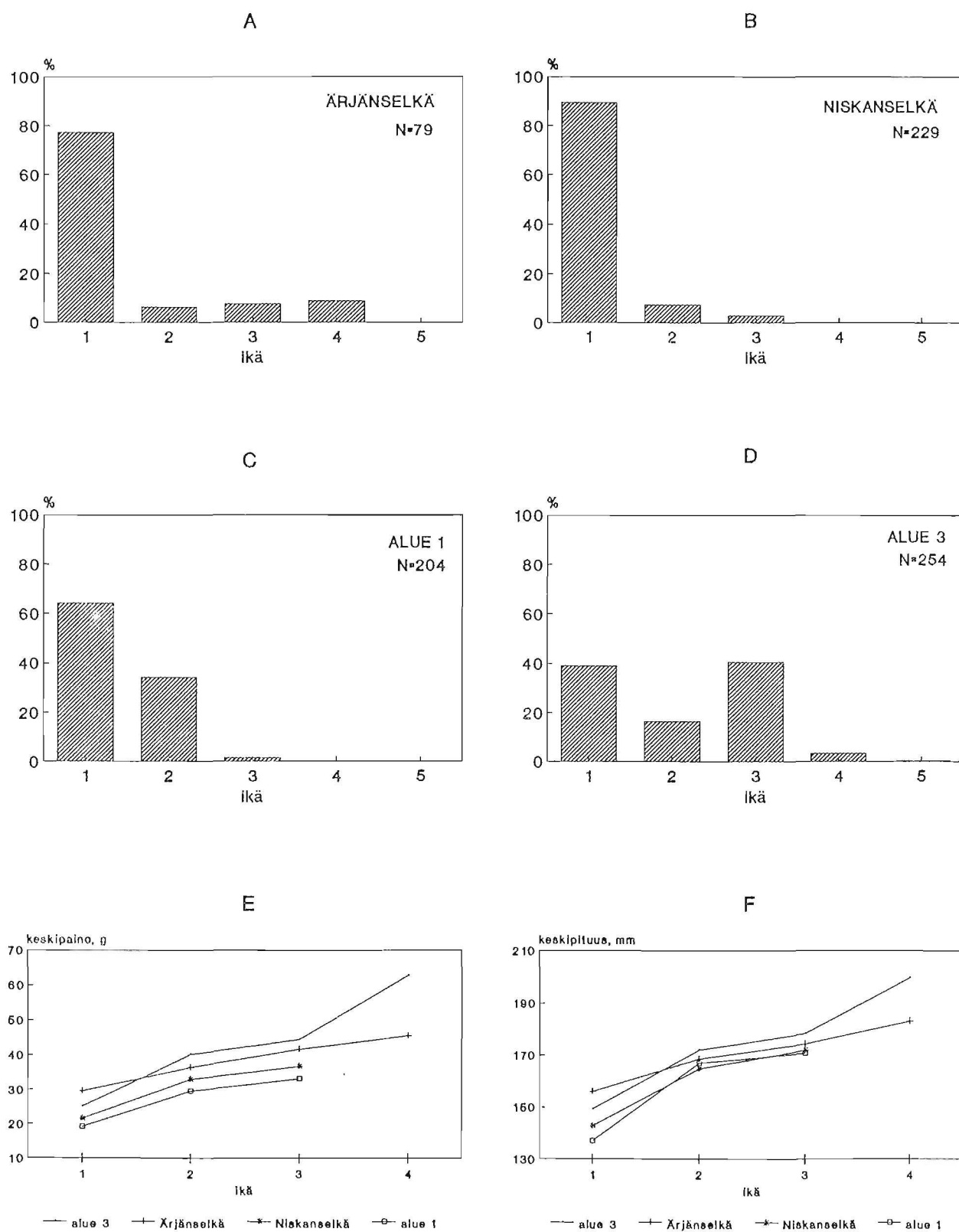
Kuvassa 32 on esitetty tärkeimpien saalislajien pituusjakauma koko tutkimusjakson saalisnäytteistä. Merkillepantavaa kuvassa on, että 15 cm pituiset kalat puuttuvat lähes kokonaan. Tämä on havaittavissa myös kuvasta 10, jossa on esitetty eri pyydysten saaliin pituusjakauma. Oleellista on myös, että siian, särjen ja taimenen pituusjakaumat ovat hyvin lähekkäin, mikä vaikeuttaa ko. kokoluokkien luotaustulosten arviointia eri lajeina.

Kuvissa 33 ja 34 on esitetty alueiden 1 ja 2 koekalastusten kokonaissaaliin jakautuminen lajeittain ja pituusluokittain. Kuvien 33 ja 34 tulos on laskettu luvussa 2.5 esitetyn yhtälön 4 avulla.

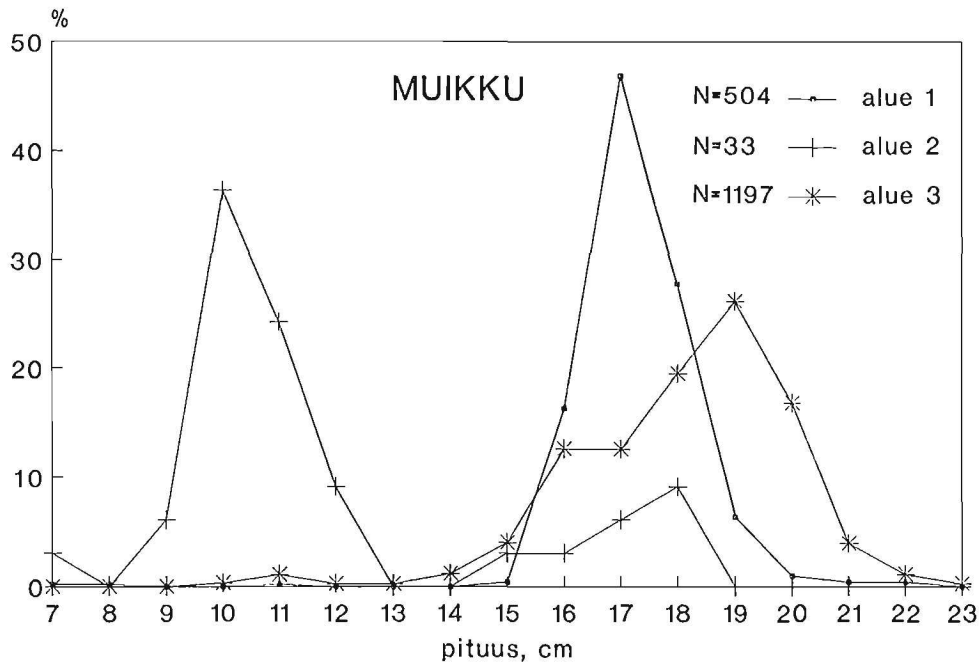
3.2.4 Kalojen vauriot

Koekalastuksissa saaduista kaloista tutkittiin mahdollisia vaurioita rysä- ja nuot-tasaaliista yhteensä 9 965 kalasta. Havaitut vauriot olivat yleensä verestäviä li-hashaavaumia. Koska ei voitu olla varmoja vaurion alkuperästä, saaliskalat tutkittiin myös Jylhämän voimalaitoksen yläpuolella alueella 1. Näin saatiin arvio niiden ka-lojen määrästä, joilla oli mahdollisesti muista kuin voimalaitoksen läpi menosta aiheutuneita vaurioita.

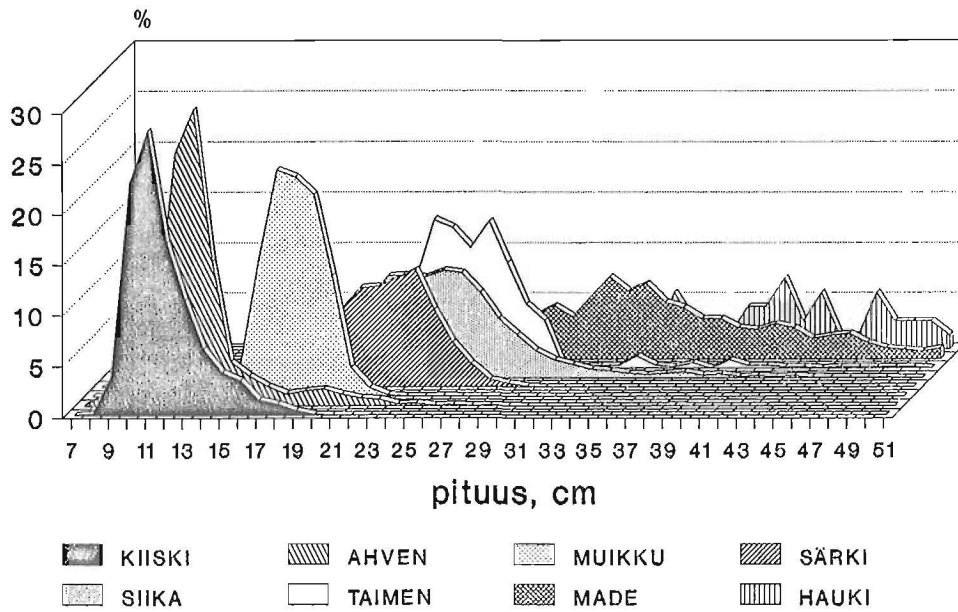
Alueelta 1 löydettiin yhteensä 12 vaurioitunutta kalaa eli 0,4 % tutkituista kaloista ja Jylhämän voimalaitoksen alapuolelta alueilta 2 ja 3 löydettiin yhteensä 92 vau-rioitunutta kalaa eli 1,4 % tutkituista kaloista. Aineiston perusteella voitaneen pää-tellä, että voimalaitoksen läpi menneistä, mutta eloon jääneistä kaloista noin 1 %:ssa on jonkinlainen voimalaitoksen läpi menosta aiheutunut silmin havaittava vaurio.



Kuva 30. A–D: Muikkujen ikäjakauma eri alueilla vuonna 1991. E–F: Muikkujen ikäryhmäkohtaiset keskipituudet ja -painot vuoden 1991 näytteistä eri alueilla.



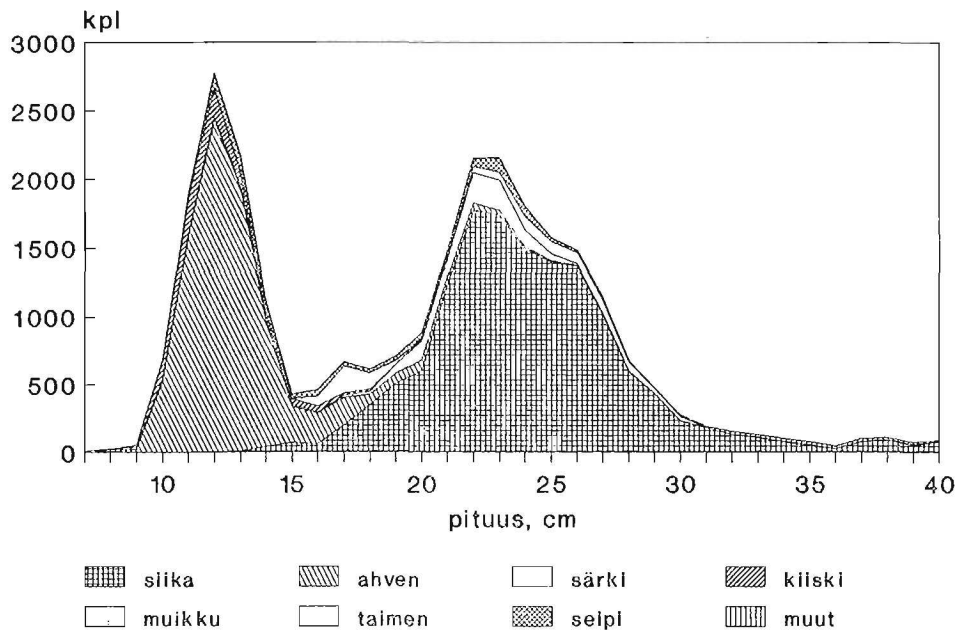
Kuva 31. Muikkusaaliin pituusjakauma alueilla 1, 2 ja 3.



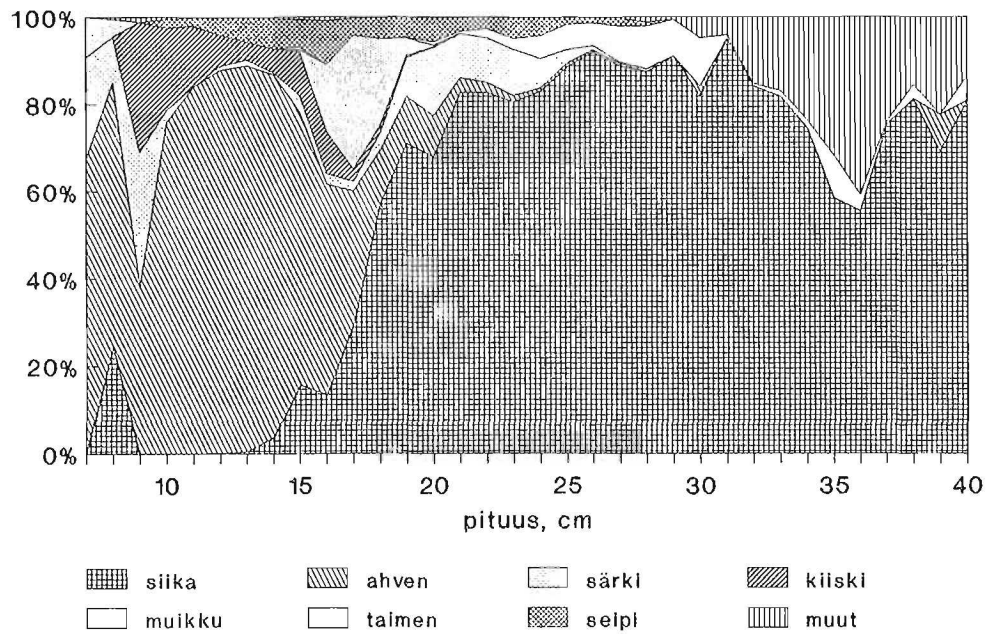
Kuva 32. Tärkeimpien saalislajien pituusjakauma koekalastusten saalisnäytteistä.

Virhettä arvioon aiheuttaa se, että voimalaitoksen alla saaliiksi saaduista kaloista osa on vaeltanut alueelle alemmaa joesta (paikallista kantaa). Tämän vuoksi vaurioituneitten kalojen osuus voimalaitoksen turbiinien kautta kulkeneista voi olla suurempi kuin arvioitu 1 %. Vaurioituneiden kalojen osuuden perusteella ei voida kuitenkaan arvioida turbiinien aiheuttamaa kuolevuutta. Kuolleita kaloja ajautui pyydyksiin vain satunnaisesti. Tutkimuksen aikana kuolleita kaloja löydettiin ainoastaan rysä numero kuuteen (kuva 9) ajautuneita mateita yhteensä viisi. Lisäksi yksi ankerias löydettiin kuolleen alueelta 2.

KOKONAISSAALIS, ALUE 1

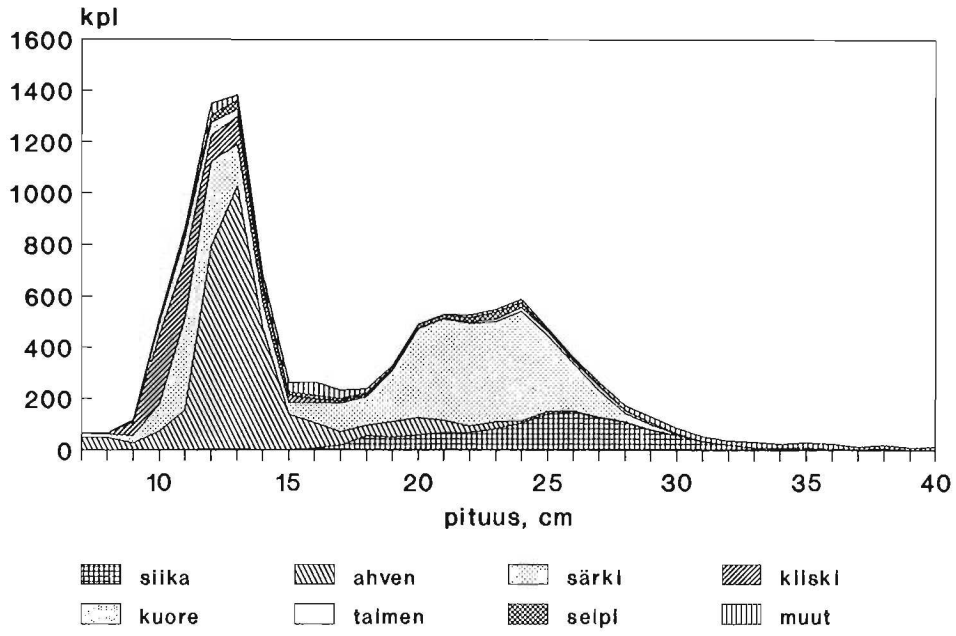


SAALIIN LAJIJAKAUMA, ALUE 1

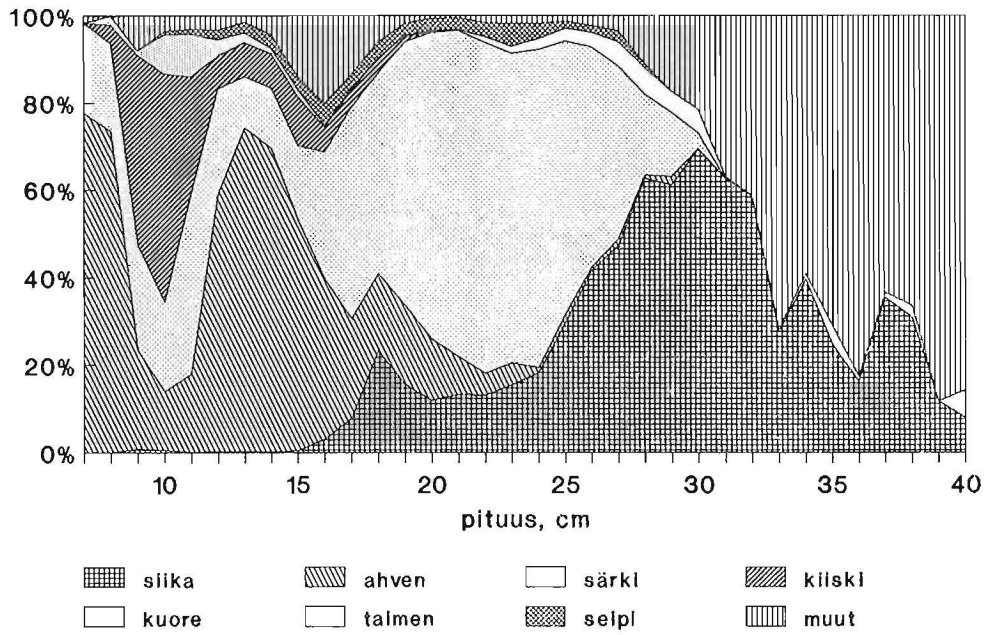


Kuva 33. Koekalastusten kokonaissaalis pituusluokittain ja lajeittain alueella 1. Muut ovat lähinnä hauki- ja madesaalista.

KOKONAISSAALIS, ALUE 2



SAALIIN LAJIJAKAUMA, ALUE 2



Kuva 34. Koekalastusten kokonaissaalis pituusluokittain ja lajeittain alueella 2. Muut ovat lähinnä hauki- ja madesaalista.

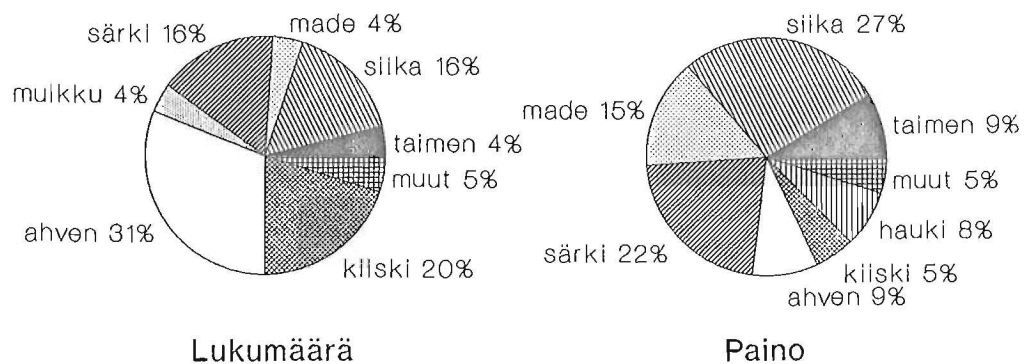
3.3 Alasvaeltaneiden kalojen määrä sekä vaellusten ajoittuminen

Koko tutkimusjakson aikana (10.10.1990–18.10.1991) arvioitu alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä asemalla 1 oli n. 300 000 kalaa (n. 24 000 kg) ja asemalla 2 n. 220 000 kalaa (n. 16 000 kg). Tulosten välinen ero johtuu monesta tekijästä, joiden merkitystä on arvioitu luvussa 4. Taulukossa 5 on esitetty arvio koko tutkimusjakson aikana alasvaeltaneiden kalojen nettomäärästä lajeittain. Kuvassa 35 on esitetty eri lajien prosenttiosuudet alasvaeltaneiden kalojen lukumäärästä ja painosta. Kuvassa 36 on esitetty eri lajien vaellusten ajoittuminen tutkimusjakson aikana.

Taulukossa 5 esitettyjen eri lajien alasvaelluksen maksimi- ja minimiarvot on muiden lajien kuin taimenen osalta laskettu luvussa 2.5 esitetyn menetelmän mukaisesti. Alasvaeltaneiden taimenten määräksi saatiin luvussa 2.5 esitetyn yhtälön 5 perusteella asemalla 1 vajaat 4 000 kalaa ja asemalla 2 noin 1 400 kalaa. Molemmat arviot ovat todennäköisesti aliarvioita alasvaeltaneiden taimenten määrästä, koska taimenen vaellus tapahtui runsaana lyhyen ajan kuluessa (ks. kuvat 26 ja 37) eikä yhtälön 5 perusteella pystytty tarkasti arvioimaan yhden lajin lyhytaikaista vaellushuippua. Yhtälö 5 ilmeisesti aliarvioi alasvaeltaneiden taimenten määrän siksi, että asemalla 1 siikojen määrä on samana aikana yliarvioitu (merkintätulokset vrt. luku 3.2.1.4) ja asemalla 2 puolestaan särkien osuus on yliarvioitu (yksikkösaalis vrt. luku 3.2.3), mikä pienentää samankokoisten taimenten osuutta arviossa.

Maksimi-arvio (15 000 kalaa) alasvaeltaneiden taimenten määräksi saatiin laskemalla kaikuluotaustuloksista kesä- ja heinäkuun aikana (vrt. taimenten vaellushuippu kuva 37) alasvaeltaneiden kalojen nettomäärä (liitteet 5 ja 6) pituusluokissa 20–32 cm (vrt. taimenten pituusjakauma luku 3.2.2.3). Tämä on todennäköisesti yliarvio, koska tuona aikana myös muita saman kokoisia eri lajisia kaloja on vaeltanut alavirtaan. Useissa alueella 2 saaliiksi saaduissa siioissa ja särjissä oli turbiinien aiheuttamia vaurioita. Merkintä-takaisinpyyntimenetelmällä alasvaeltaneiden taimenten määräksi kesällä 1991 arvioitiin noin 10 000 kalaa, mikä vahvistaa edellä esitetyn arvion luotettavuutta. Tosin menetelmä sisältää kyseisissä olosuhteissa tiedostettuja virhelähteitä eikä sillä saatua tulosta yksin voi pitää kovin luotettavana.

Kuvassa 36 B on esitetty taimenen vaelluksen ajoittuminen keskimääräisten kuu-kausitulostusten perusteella. Kuvista 26 ja 37 selviää paremmin vaelluksen huipukkuus ja lyhytaikaisuus. Alueella 1 rysäsaaliissa havaittu taimensaaliin huippu on ilmeisesti nähtävissä myös kaikuluotaustuloksissa; asema 1:n tuloksissa kahden päivän viiveellä ja asema 2:n tuloksissa viiden päivän kuluttua. Alueella 2 nuot-tasaaliissa taimenta alkoi esiintyä merkittävästi vasta asemalla 2 havaitun huipun jälkeen.



Kuva 35. Eri lajien prosenttiosuudet koko tutkimusjakson aikana alasvaeltaneiden kalojen lukumäärästä ja painosta.

Taulukko 5. Arvio alasvaeltaneiden kalojen kokonaismäärästä, kokonaispainosta, keskipituudesta ja keskipainosta.

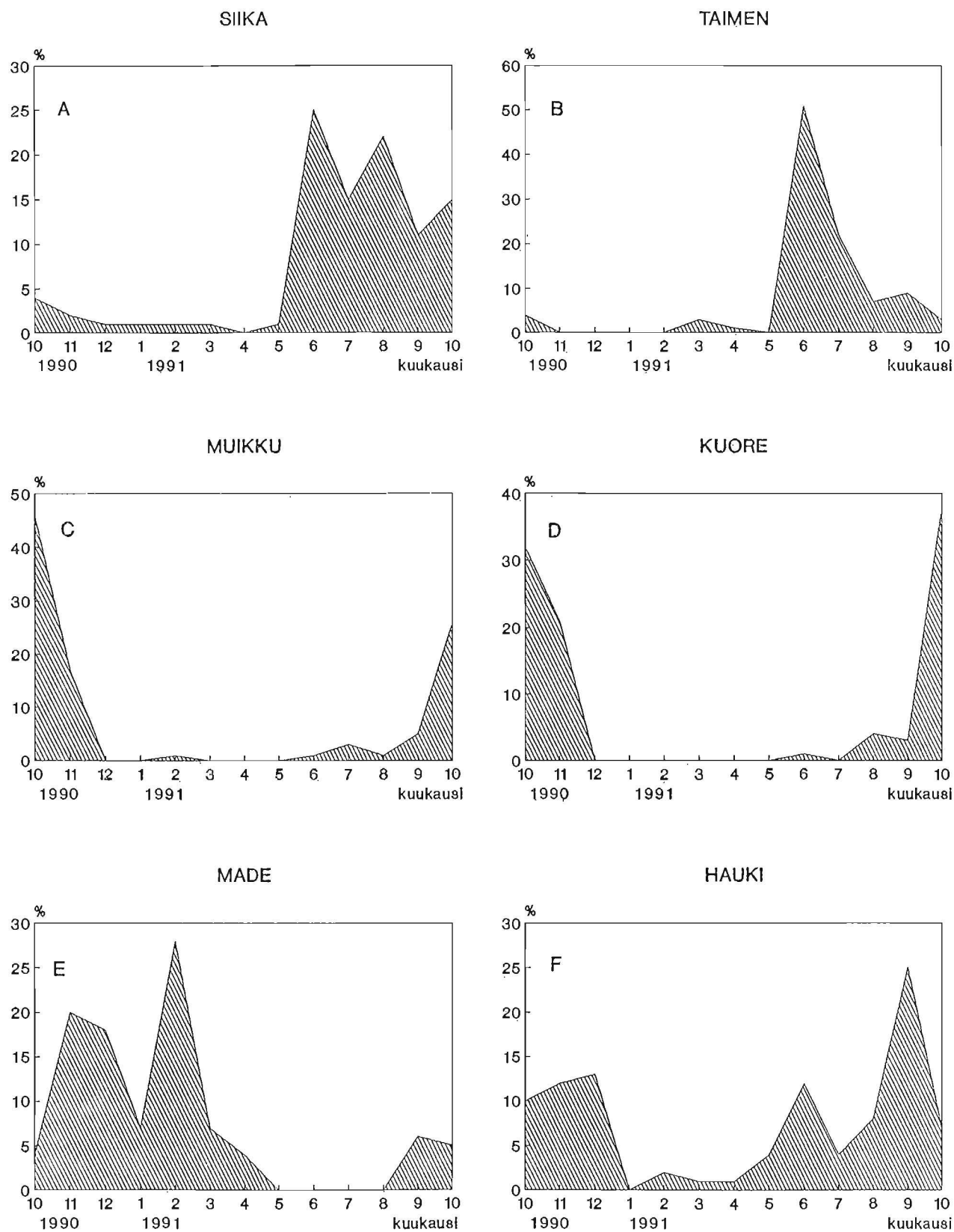
	Lukumäärä (kpl)			Paino (kg)			Keski- pituus cm	Keski- paino g
	keskim.	min.	max.	keskim.	min.	max.		
Taimen	10 000	4 000	15 000	1 600	800	2 400	26	160
Siika	40 000	20 000	60 000	5 000	2 500	7 500	24	120
Made	9 000	8 000	10 000	2 700	2 400	3 000	36	300
Hauki	3 000	2 500	3 500	1 400	1 200	1 600	46	450
Särki	40 000	20 000	60 000	4 000	2 000	6 000	20	100
Muikku	10 000	5 000	15 000	200	100	300	14	20
Ahven	80 000	60 000	100 000	1 600	1 200	2 000	13	20
Lahna	1 000	500	1 500	450	250	650	35	450
Seipi	3 000	2 000	4 000	150	100	200	18	50
Kiiski	50 000	25 000	75 000	800	400	1 200	11	15
Kuore	5 000	4 000	6 000	50	40	60	11	10
Salakka	2 000	1 600	2 400	30	20	40	14	15

Luotausasemien ja koekalastusalueiden sijainti on esitetty kuvassa 4. Mikäli luotautuloksissa havaittu huippu on aiheutunut ainoastaan taimenten vaelluksesta, on alasvaeltaneiden taimenten määrä neljänä runsaimman vaelluksen päivänä ollut yhteensä noin 5000 kalaa.

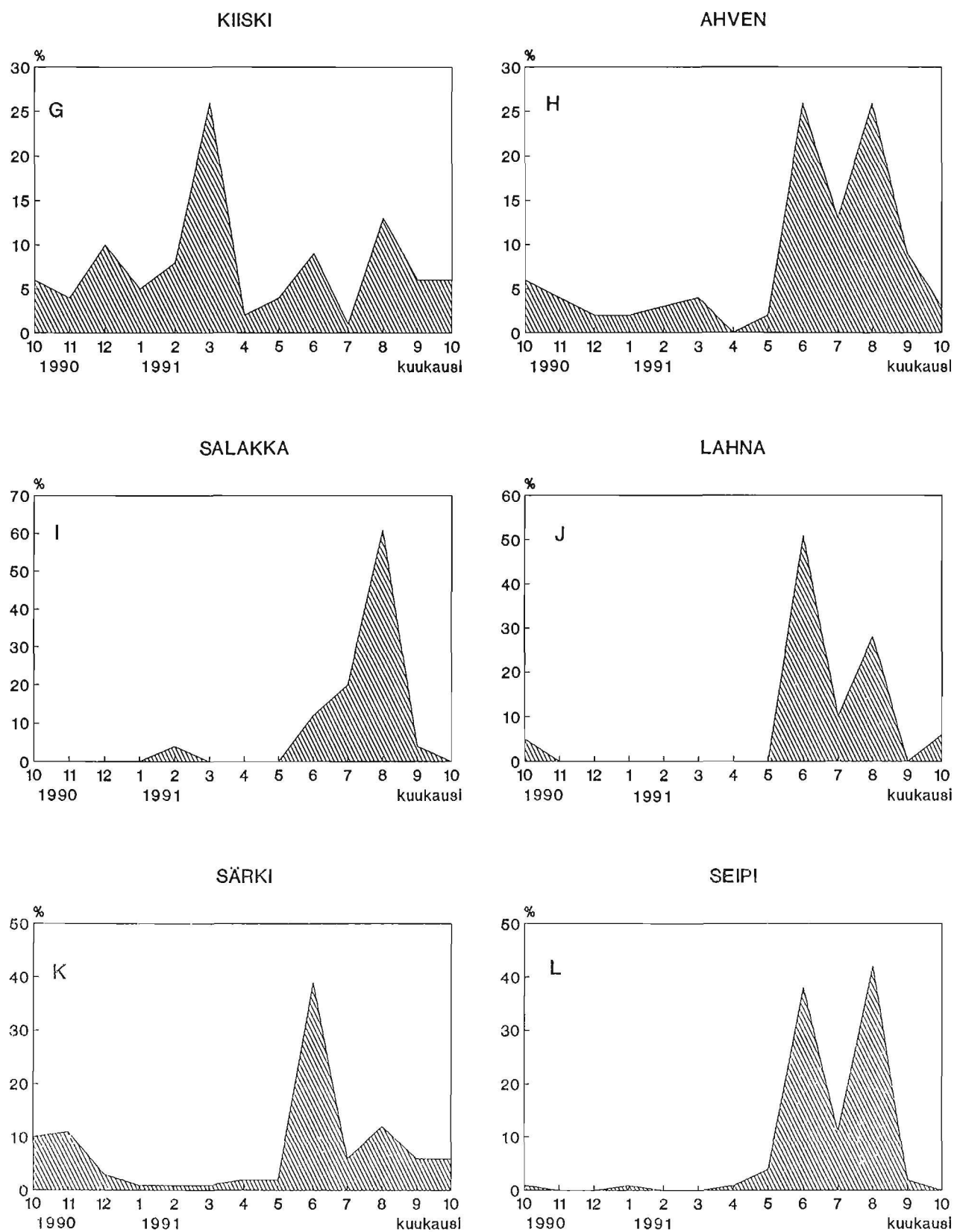
Arvio alasvaeltaneiden siikojen määrästä taulukossa 5 on esitetty melko suurissa vaihtelurajoissa (20 000–60 000 siikaa). Määrät ovat luvussa 2.5 esitetyn yhtälön 5 avulla saatuja arvoja. Pienempi arvio asemalta 2 ja suurempi asemalta 1. Ero voi selittyä sillä, että alueella 1 alasvaeltaneiden siikojen määrä on yliarvioitu (vrt. luku 3.2.1.4). Merkintätulosten perusteella huomattava osa alueelle 1 vaeltaneista siioista palasi takaisin Oulujärvelle.

Samansuuntainen vaellus on mahdollista havaita myös asema 1:n luotautulosten ja alue 1:n siian rysäyksikkösaaliiden perusteella (kuva 38). Tarkastelujakson luotautuloksessa alavirtaan vaeltaneiden kalojen määrässä on kaksi huippua, 5.6.1991 ja 8.6.1991. Siian rysäsaaliit alueella 1 olivat samoihin aikoihin runsaita ja on oletettavaa, että luotautuloksissa havaitut vaellushuiput ovat suureksi osaksi siikojen aikaansaamia. Merkittävää kuvan 38 tuloksessa on kuitenkin eri rysissä havaitut vastaavat huiput muutamia vuorokausia myöhemmin kuin luotautuloksessa. Rysien sijainti on esitetty kuvassa 9. Tuloksesta voidaan päätellä, että osa siioista on vaeltanut alavirtaan Oulujokea ja osa puolestaan palannut Oulujärvelle tai jäänyt alueelle 1.

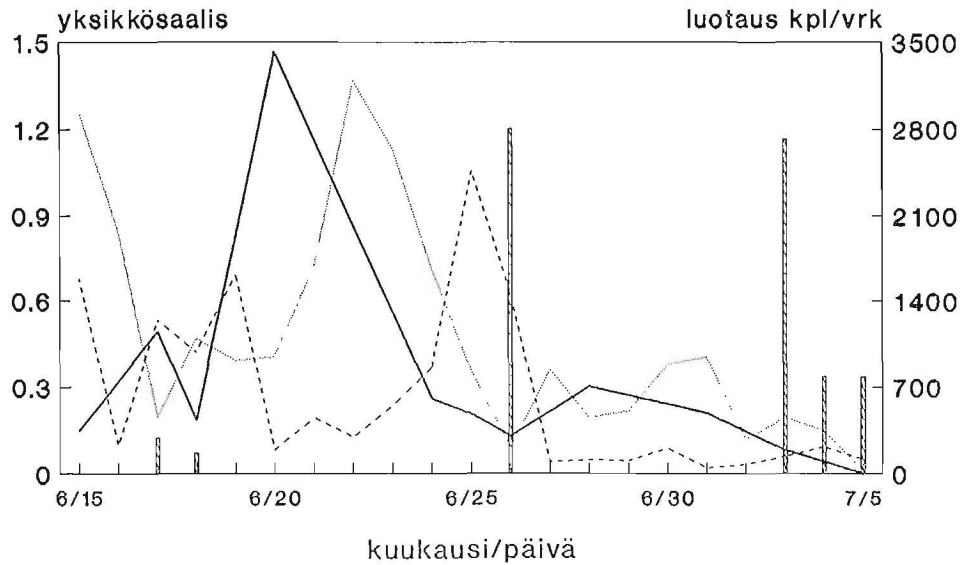
Alueella 2 siikojen osuus on ilmeisesti aliarvioitu, sillä rysistä saadut särkisaaliit samoissa kokoluokissa siikojen kanssa olivat kesäaikana huomattavan suuria. Kun otetaan huomioon, että alueella 1 särkien verkkoyksikkösaalis oli yli puolet pienempi kuin alueella 2 (kuva 17), voidaan olettaa, että alueella 2 saadut särkisaaliit olivat merkittävältä osaltaan paikallista kantaa, eivätkä olleet rekisteröityneet luotausaseman tuloksiin muutoin kuin edestakaisena liikenteenä, mikä asemalla 2 oli vähäistä. Alueella 1 verkkokalastus keskittyi lähelle voimalaitospatoa, joten alue 1:n verkkosaaliin voidaan olettaa kuvaavan alasvaeltaneiden särkien suhteellista osuutta paremmin kuin alueella 2 (vrt. luku 3.2.3.1).



Kuva 36 A–F. Eri lajien vaellusten ajoittuminen tutkimusjakson aikana. Arvio on laskettu kaiku-
luotaus- ja koekalastusaineistojen keskimääräisten kuukausitulosten perusteella (vrt. luku 2.5).

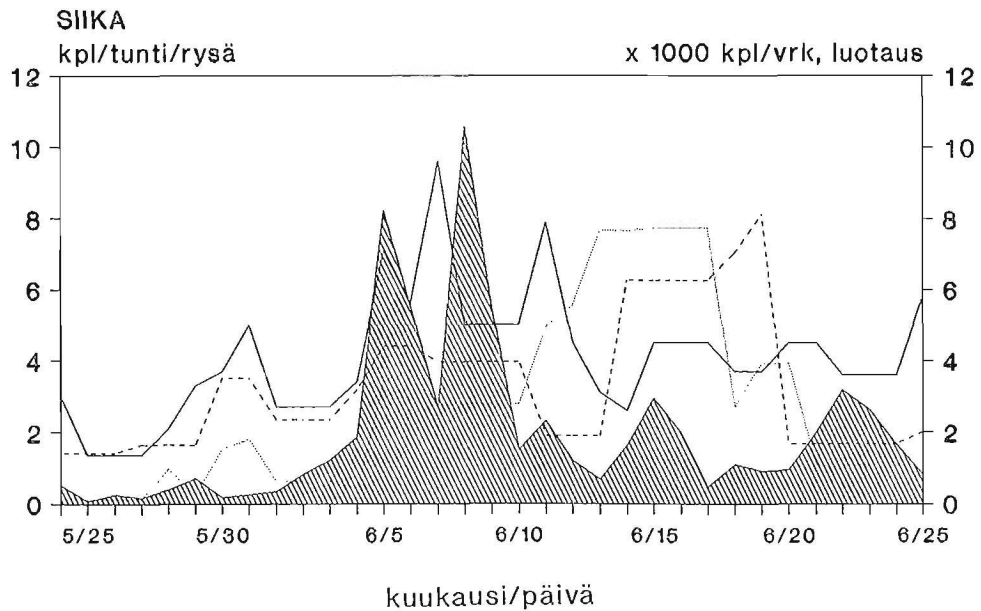


Kuva 36 G–L. Eri lajien vaellusten ajoittuminen tutkimusjakson aikana. Arvio on laskettu kaiku-
luotaus- ja koekalastusaineistojen keskimääräisten kuukausitulosten perusteella (vrt. luku 2.5).



- = taimenen rysäyksikkösaalis (kpl/rysä/tunti) alueella 1
 █ = taimenen nuottayksikkösaalis alucella 2 (kpl/veto/2)
 = asemalla 1 arvioitu alasvaeltaneiden kalojen määrä
 ----- = asemalla 2 arvioitua alasvaeltaneiden kalojen määrä

Kuva 37. Taimenen vaellushuipun ajoittuminen.



- █ = asema 1:n luotaustulos (kpl/vrk)
 — = rysä 2:n siikayksikkösaalis (kpl/tunti)
 = rysä 3:n siikayksikkösaalis
 ----- = rysä 1:n siikayksikkösaalis

Rysien sijainti vrt. kuva 9.

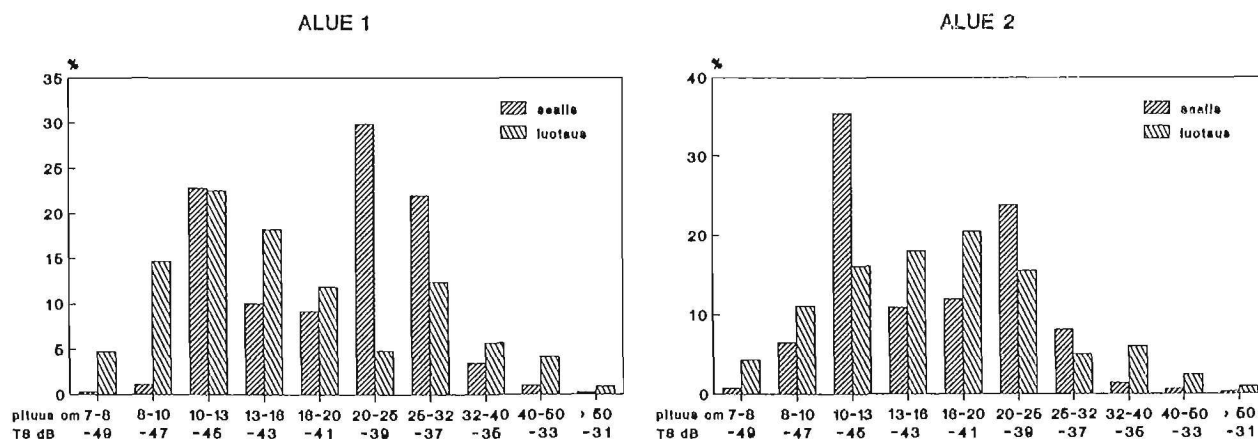
Kuva 38. Siikavaellushuipun ajoittuminen.

3.4 Alasvaeltaneiden kalojen kokojakauma

Tutkimuksen aikana kaikuluotaimilla havaittu alasvaeltaneiden kalojen kokojakauma eroaa jonkin verran asemien 1 ja 2 tuloksissa (kuvat 14, 15 ja 39). Ero johtunee pääasiassa eri lajien erilaisesta vaelluskäyttäytymisestä tai kaikuluotausaineistoon liittyvistä virhelähteistä. Asiaa on tarkasteltu yksityiskohtaisemmin luvuissa 3.1.2 ja 4.1. Eri lajisten alasvaeltaneiden kalojen pituusjakauman voidaan olettaa pääosin noudattavan koekalastuksissa saadun saaliin pituusjakaumaa (kuvat 32–34). Eri alueilta saadun lajikohtaisen saaliin pituusjakaumassa merkittäviä eroja oli ainoastaan muikkusaaliissa (kuva 31). Muikkusaaliit alueella 2 olivat vähäisiä (liite 2). Niistä suurin osa oli pieniä 0+ -ikäisiä kaloja. Kun otetaan lisäksi huomioon muikujen kasvun ja ikäjakauman erot alueiden välillä (luku 3.2.3.2, kuva 30), on todennäköistä, ettei tutkimuksen aikana huomattavia määriä aikuisia muikkuja vaeltanut Oulujärvestä Oulujokeen, vaan alasvaeltaneet muikut olivat pääosaltaan pieniä 0+ ikäisiä kaloja.

Kuvassa 39 on esitetty koko tutkimusjakson aikana kertyneen kaikuluotausaineiston ja koekalastusaineiston kokojakaumien vertailu. Huomattavin ero aineistojen välillä alue 1:n saaliissa on 20–25 cm kalojen suuri osuus luotausaineistoon verrattuna. Tämä selittyy sillä, että alueella 1 etenkin rysäsaaliissa siikojen osuus oli merkittävin ja suurin osa alueelta 1 saaduista siioista sijoittuu juuri kokoluokkaan 20–25 cm (kuva 26). Alueella 1 merkittyjä siikoja saatiin suhteessa huomattavasti enemmän uudelleen alueelta 1 tai rysästä 1 kuin Jylhämän voimalaitoksen alapuolisilta jokiosuuksilta (vrt. luku 3.2.1.4). Näin ollen alueelta 1 saatu siikasaalis oli ilmeisesti liian suuri verrattuna alasvaeltaneiden siikojen määrään. Kun tämä otetaan huomioon, aineistojen pituusjakaumat vastaavat paremmin toisiaan.

Alueella 2 10–13 cm:n pituisten kalojen osuus saaliista oli huomattavasti suurempi kuin vastaavan kokoluokan osuus luotautuloksessa (kuva 39). Kalat ovat pääosin rysillä 7, 8 ja 9 saatuja ahvenia (kuvat 9 ja 34). Rysien sijainti huomioon ottaen voidaan olettaa, että saaliiksi saadut ahvenet olivat paikallista kantaa, eivätkä Oulujärvestä vaeltaneita. Myös alueella 2 kokoluokan 20–25 cm osuus saaliissa on suurempi kuin luotausaineistossa. Tämä voi selittyä sillä, että alueella 2 paikallisten särkikantojen suuri osuus saaliissa vaikutti aineiston jakaumaan. Siikoja on saattanut vaelttaa alueelle 2 myös muualta kuin Oulujärvestä. Koekalastusaineiston jakaumaan on mahdollisesti vaikuttanut myös pyynnin valikoivuus. Yksi virhelähde on myös se, että eri lajisista kaloista heijastunut kohdevoimakkuus eroaa, eikä sitä tässä tarkastelussa otettu huomioon (vrt. luku 2.5).



Kuva 39. Koko tutkimusjakson aikana kertyneen kaikuluotaus- ja koekalastusaineiston pituusjakauma alueilla 1 ja 2 sekä vastaavasti kaikuluotausasemilla 1 ja 2. Luotautulosten pituusjakauma on laskettu ala- ja ylävirtaan vaeltaneiden kalojen yhdistetystä aineistosta.

Liitteissä 7 ja 8 saalis- ja kaikkuluotausaineistojen kokojakaumia on vertailtu kuukausittain. Tarkastelun perusteella 7–8 cm:n pituisten kalojen osuus saalisaineistossa oli kaikkina kuukausina huomattavasti pienempi kuin luotausaineistossa. Kokoluokissa yli 32 cm huomattavaa on se, että talvikuukausina saaliissa niiden osuus oli huomattavasti suurempi kuin luotautuloksessa. Ero voi selittyä sillä, että kyseisissä kokoluokissa valtalajina ollut made ei merkittävässä määrin liikkunut luotausasemien vaikutusalueella eli kalat olivat paikallista kantaa. Siian ja taimenen kokoluokkien (16–32 cm) saalis on edustettuna suunnilleen samoilla osuuksilla kuin luotausaineistossa lukuunottamatta kokoluokan 20–25 cm (–39 dB) kaloja asemalla 1 (liite 7), missä 20–25 cm kalojen saalis on koko tutkimusjakson ajan yliedustettuna. Tämä lienee seurausta alue 1:n rysäpyynnin kohdistumisesta liiaksi siikaan.

3.5 Alasvaellukseen vaikuttavat tekijät

Korrelaatiomatriisista (taulukko 6) havaitaan, että alasvaelluksen (SQALAS) ja siian yksikkösaaliin käänteismuunnoksen (XCPSII) välillä on negatiivinen riippuvuus ($P < 0,01$) ja positiivinen riippuvuus veden korkeuksien (VKOULUJ ja VKJYLH) ja lämpötilan (VESILT) välillä. Toisaalta vedenkorkeudet, lämpötila ja yksikkösaalis korreloivat keskenään ($P < 0,01$).

Yhden selittävän muuttujan regressiomallin perusteella alasvaellusta pystyivät tilastollisesti merkittävästi selittämään vain Oulujärven veden korkeus ($F_{1,162} = 14\,485$, $R^2 = 0,0821$, $P < 0,001$), veden korkeus Jylhämässä ($F_{1,162} = 19\,414$, $R^2 = 0,107$, $P < 0,001$), veden lämpötila ($F_{1,162} = 10\,708$, $R^2 = 0,062$, $P < 0,01$), siian yksikkösaalis ($F_{1,162} = 12\,581$, $R^2 = 0,0721$, $P < 0,001$) ja kokonaisyksikkösaalis ($F_{1,162} = 9,51$, $R^2 = 0,0554$, $P < 0,01$). Näistä Oulujärven ja Jylhämän veden korkeudet kuvaavat samaa asiaa eli Oulujärven vedenkorkeutta. Samoin siian yksikkösaalis ja kokonaisyksikkösaalis ovat samansuuntaisia, koska rysäsaaliista suuri osa oli siikaa. Yksittäisten tekijöiden selitysosuudet ovat huomattavan pieniä.

Taulukko 6. Pearsonin korrelaatiokertoimet ja korrelaatiokertoimen riskitaso. Havaintojen määrä on kaikissa tapauksissa 164. (Muuttujien lyhennykset: ks. luku 2.6).

	SQALAS	XCPSII	VIRTAUS	VKOULUJ	VKJYLH	ILMAPAI	VESILT
SQALAS	1,0000	–0,2684	–0,09146	0,28649	0,3271	0,09836	0,2490
	0,0000	0,0005	0,24410	0,00020	0,0001	0,21020	0,0013
XCPSII	–0,2684	1,0000	–0,06786	–0,22520	–0,2310	0,19531	–0,3859
	0,0005	0,0000	0,38790	0,00370	0,0029	0,01220	0,0001
VIRTAUS	–0,0915	–0,0679	1,00000	0,61599	0,4818	–0,14772	0,4194
	0,2441	0,3879	0,00000	0,00010	0,0001	0,05910	0,0001
VKOULUJ	0,2865	–0,2252	0,61599	1,00000	0,9847	–0,04496	0,8487
	0,0002	0,0037	0,00010	0,00000	0,0001	0,56760	0,0001
VKJYLH	0,3271	–0,2310	0,48185	0,98467	1,0000	–0,00961	0,8737
	0,0001	0,0029	0,00010	0,00010	0,0000	0,90280	0,0001
ILMAPAI	0,0984	0,1953	–0,14772	–0,04496	–0,0096	1,00000	–0,0114
	0,2102	0,0122	0,05910	0,56760	0,9028	0,00000	0,8849
VESILT	0,2490	–0,3859	0,41936	0,84867	0,8737	–0,01139	1,0000
	0,0013	0,0001	0,00010	0,00010	0,0001	0,88490	0,0000

Koska selittävät muuttujat korreloivat voimakkaasti, niitä ei voi käyttää samanlaisesti usean selittävän muuttujan regressiossa selittävinä muuttujina (Ranta ym. 1989). Tämän vuoksi selittävien muuttujien informaatio tiivistettiin pääkomponenttianalyysillä keskenään korreloimattomiksi pääkomponenteiksi (mukaan otetut muuttujat olivat XCPSII, VIRTAUS, VKJYLH, ILMAPAI ja VESILT). Ensimmäinen pääkomponentti selitti 47 % ja kolme ensimmäistä pääkomponenttia 87,4 % näiden muuttujien sisältämästä vaihtelusta. Usean selittävän muuttujan regressiossa nämä kolme pääkomponenttia selittivät kuitenkin alasvaelluksesta vain 12,6 % ($F_{3,160} = 7,67$, $R^2 = 0,12579$), joskin tulos oli tilastollisesti merkitsevä ($P < 0,001$). Vedenkorkeus Jylhämässä selittää yksin alasvaelluksesta lähes yhtä suuren osuuden (10,7 %).

4 MENETELMIEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

4.1 Kaikuluotaus

Tutkimuksessa käytetty kaikuluotaustekniikka oli ensimmäistä kertaa käytössä, eikä laitteiden toimivuudesta tutkimuksen aikana voitu etukäteen olla varmoja. Tämän vuoksi laitteistoja hankittiin kaksi ja ne asennettiin erillisiksi Jylhämän voimalaitoksen ylä- ja alapuolelle. Näin pyrittiin varmistamaan, että toisen laitteiston rikkoontuessa tietoa saataisiin toisesta yksiköstä. Menettely osoittautuikin aiheelliseksi, sillä kaikuluotausasema 1 oli laitteiden rikkoontumisten vuoksi välillä vajaatoiminen eikä se yhteensä 24 vuorokauden aikana kerännyt lainkaan aineistoa. Näiltä jaksoilta saatiin kuitenkin tulokset asemalta 2, eikä tutkimuksen aikana luotaamattomia jaksoja päässyt syntymään (vrt. luku 2.2).

Tutkimuksessa käytetyillä kaikuluotaimilla pystytään havaitsemaan hyvin pieniä kohteita. Kaikuluotauslaitteiden asennusvaiheessa kuitenkin havaittiin, että joessa liikkui huomattavia määriä muita kohteita (pieniä roskia, lehtiä yms.) kuin kaloja. Näiden erottaminen kalahavainnoista olisi ollut vaikeaa. Luotausaineistoon päädyttiin keräämään tietoa vain 7 cm:n pituisista tai sitä suuremmista kaloista. Luotettavia arvioita kalojen populaatiokoosta Oulujärvessä on vain vuoden vanhoista tai vanhemmista kaloista, joten alle 7 cm:n pituisten kalojen alasvaelluksen kalataloudellista merkitystä ei myöskään olisi pystytty arvioimaan.

Luotausasemien keskimääräisiä kuukausituloksia on verrattu luvussa 3.1.1. Asemien tulos on hyvin samansuuntainen ja vaellushuiput ovat nähtävissä samoina aikajaksoina. Tutkimuksen kokonaistuloksena asemalla 1 arvioitiin alasvaeltaneiden kalojen nettomääräksi n. 80 000 kalaa enemmän kuin asemalla 2. Asemien tulosten välinen ero johtuu osittain siitä, että asemalla 2 ei tutkimuksen alkuvaiheessa (10.10.90–31.3.91) toiminut yhtään pohjalle asennettua kaikuluotausanturia. Tuolloin pinnan tuntumassa uineiden kalojen määrää ei pystytty luotettavasti arvioimaan. Asema 1 puolestaan koostui pelkästään pohjaan sijoitetuista antureista tutkimuksen loppujakson (1.4.1991–18.10.1991), koska ajelehtivat jäät olivat rikkoneet pintaan sijoitetut anturit. Tuolloin asema 1 ei pystynyt luotettavasti arvioimaan pohjan tuntumassa uineiden kalojen määrää.

Koekalastusten saalis oli tutkimuksen aikana yhteensä noin 76 000 kalaa. Suhteessa koko tutkimusjakson luotaustulokseen (asvaeltaneiden kalojen nettomäärä asemalla 1 = 300 000 kalaa ja asemalla 2 = 220 000 kalaa) voisi näin suuren koekalastussaaliin olettaa vaikuttaneen merkittävästi luotaustuloksen suuruuteen, olihan lukumääräinen saalis 25–34 % kaikuluotaimissa havaituista alasvaeltaneista kaloista.

Vaikutusta arvioitaessa on kuitenkin otettava huomioon, että lukumääräisestä saaliista 32 000 kalaa saatiin alueelta 3, alue 2:n kokonaissaaliista 15 000 kalaa kaikuluotausasema 2:n alapuolelta ja alucella 1 saaliiksi saatuja kaloja merkittiin ja vapautettiin 11 000 kalaa. Kokonaissaaliista 5 000 kalaa saatiin ennen luotausaineiston keruun aloittamista kesällä 1990. Näinollen koekalastussaaliilla on ollut mahdollisuus pienentää luotausmenetelmällä saatua arviota alusvaeltaneiden kalojen määrästä noin 12 000 kalaa eli n. 600 kiloa, joten koekalastuksissa saadun saaliin takia alusvaeltaneiden kalojen määrä on aliarvioitu korkeintaan 5 %. On myös otettava huomioon, että huomattava osa eli 7 000 kalaa kyseisistä 12 000 kalasta on saatu alueelta 1 noin kilometrin etäisyydellä luotausasemasta 1 Oulujärvestä ja todennäköisesti vain osa niistä olisi jatkanut vaellusta asema 1:lle saakka.

Koekalastusten saaliista ainoastaan luotausasemien välistä pyydystetyt vajaat 5 000 kalaa ovat melko todennäköisesti vaikuttaneet asema 2:n tulokseen. Paikallisten kalastajien saaliiksi on arvioitu muutama tuhat kalaa (vrt. luku 3.2). Nämä ja koekalastussaa-liin vaikutus mukaanlukien luotausasemien välistä on tutkimuksen aikana poistettu korkeintaan 10 000 kalaa. Tämä selittää asemien tulosten erosta noin 12 %.

Eräs mahdollinen virhelähde on se, että asema 1:n tuloksessa olisi ylösvaeltaneiden kalojen määrä aliarvioitu eli kalojen edestakainen liikenne jokiuomassa olisi ollut suurempaa kuin on arvioitu. Hiljaisten virtaamien aikana kalojen uintisuuntaa ei pintaluotainten asennustavasta johtuen pystytty arvioimaan (kuvat 5 ja 6) (vrt. luku 3.1.1). Näitä tapauksia oli yhteensä n. 3 % havainnoista (n. 10 000 kalaa). Kalojen uintisuunnan tulkittiin olevan alavirtaan. Mikäli oletus on ollut väärä, selittyy tällä asemien tulosten välisestä erosta n. 12 %.

Asemien 1 ja 2 tulosten ero on asemien kokoonpanon eron lisäksi selitettävissä myös sillä, että osa kaloista on kuollut mennessään voimalaitoksen turbiinien läpi. Kun edellä mainitut mahdolliset virhelähteet (alueelta poistetun saaliin vaikutus ja kalojen uintisuunnan virhearvio) otetaan huomioon, turbiinien aiheuttamaksi tappioksi jäisi noin 20 %. Tutkimusjakson aikana kuolleita kaloja ei kuitenkaan havaittu ajalehtivan virran mukana eikä niitä pyydyksiinkään ajautunut muutamaa pientä madetta lukuunottamatta. Myöskään merkittäviä määriä kaloja syöviä lintuja ei voimalaitoksen alapuolella havaittu parveilevan. On myös mahdollista, että turbiineissa kuolleet kalat havaittaisiin kaikuluotaimissa niiden ajalehtiessä alavirtaan.

Edellä mainitut seikat viittaavat siihen, että turbiinitappiot olisivat olleet pienemmät kuin luotautulosten eron perusteella voisi päätellä. Yksi mahdollinen syy luotautulosten eroon on asemien kokoonpanosta ja asennustavasta johtuvat virhelähteet (vrt. luku 2.2). On myös mahdollista, että osa kaloista on jäänyt luotausasemien väliselle alueelle, missä pysyvien (paikallisten) kalojen määrä olisi siten kasvanut tutkimusjakson aikana.

Turbiinitappioita on tutkittu monissa maissa (Vuorimies 1984). Turbiinitappioiden suuruus on vaihdellut laajoissa rajoissa alle 10 %:sta jopa 90 %:iin. Kalakuolemien suuruus riippuu useasta tekijästä. Eri lajien ja eri kokoisten kalojen herkkyyys ja vaurioalttius turbiineissa on erilainen ja kalakuolemien suuruus riippuu paljon myös turbiinien rakenteellisista ominaisuuksista (Monten 1985).

Kun vertaillaan asemien 1 ja 2 kuukausittaisia luotautuloksia eri kokoluokissa (liitteet 7–8), voidaan yksittäisten kokoluokkien tuloksissa havaita hyvin suuria vaihteluita asemien tulosten välillä. Esimerkiksi kesäkuussa 1991 kokoluokan –41 dB (16–20 cm) alusvaeltaneiden kalojen nettomäärä oli asemalla 1 yhteensä 450 kalaa ja asemalla 2 yhteensä 19 560 kalaa.

Kun vierekkäisten kokoluokkien (kuva 40) tulokset on laskettu yhteen ja vertaillaan asemien välistä tulosta kuukausittain, asemien tulokset vastaavat hyvin toisiaan. Tämä viittaa siihen, että luotaustulos on esitetty liian tarkoissa kokoluokissa kaiku- luotausmenetelmästä johtuviin virhelähteisiin verrattuna. Kohdevoimakkuuden riippuvuutta muista tekijöistä kuin kalan pituudesta on selvitetty useissa tutkimuksissa (esim. Buerkle 1983, Stanton & Clay 1986). Kohdevoimakkuuden suuruus riippuu suurelta osin kalan uimarakon suuruudesta ja täytteisyydestä. Myös kalan uintisuunta vaikuttaa jossain määrin tulokseen. Sukeltavasta kalasta heijastunut kaiku on voimakkuudeltaan erilainen kuin vaakasuoraan liikkuvasta kalasta heijastunut. Tässä tutkimuksessa eri lajien lukumääräinen arvio ei olisi kuitenkaan muuttunut oleellisesti, vaikka luotaustulokset olisi arvioitu väljemmissä kokoluokissa (vrt. luku 2.5).

4.2 Koekalastus ja kalojen merkintä

Koekalastuksen tavoitteena oli selvittää luotausasemien läheisyydessä liikkuvien kalojen laji- ja kokojakauma siten, että luotaustulokset pystyttiin arvioimaan lajeittain. Ennen varsinaisen kaiku luotaustutkimuksen alkua tutkimusta varten testattiin ja kehitettiin sopivia rysiä ja nuottia jokioloihin (liite 9). Tutkimuksen aikana koekalastusten kokonaissaalis oli noin 76 000 kalaa (3 800 kg). Tämä oli suhteellisen kattava otos tutkimusalueella liikkuvista kaloista, kun saalismääriä verrataan luotaustuloksiin. Lajijakauma (20 eri lajia) sisälsi lähes kaikki Oulujärven esiintyvät lajit (kuha puuttui).

Suhteellisia otoksia alasvaeltaneiden kalojen määrästä verrattuna luotaustuloksiin saatiin melko tasaisesti koko tutkimusjakson aikana (vrt. liitteet 7 ja 8). Ainoastaan lokakuussa 1990 luotaimilla havaitun vaellushuipun ajalta ei muihin kuukausiin verrattuna saatu vastaavaa koekalastusaineistoa suhteessa luotaimilla havaittuihin vaellusmääriin.

Vaikeutena koekalastuksissa oli, että pyynnin piti kohdistua suhteellisesti yhtä tehokkaasti kaikkiin kokoluokkiin (> 7 cm) ja lajeihin. Jo tutkimuksen alkuvaiheessa huomattiin, ettei tätä tavoitetta pystytty saavuttamaan yhdellä pyyntimuodolla. Verk- kopyynti ei kyseisissä virtausoloissa ollut kovin tehokas tämän tutkimuksen kannalta tärkeimpien lajien, siian ja taimenen pyynnissä. Kurenuotalla pyynti onnistui kohtalaisesti myös kovassa virrassa ja saaliiksi saatiin hyvin pinnan tuntumassa liikkuvia kaloja. Yli viiden metrin syvyydessä uivia kaloja nuotalla ei tavoitettu. Rysäpyynnin teho ja saaliin lajijakauma muuttuivat enemmän pyyntipaikan ja - ajan kuin pyydyksen rakenteen mukaan ja kovassa virrassa rysäpyynti oli vaikeaa.

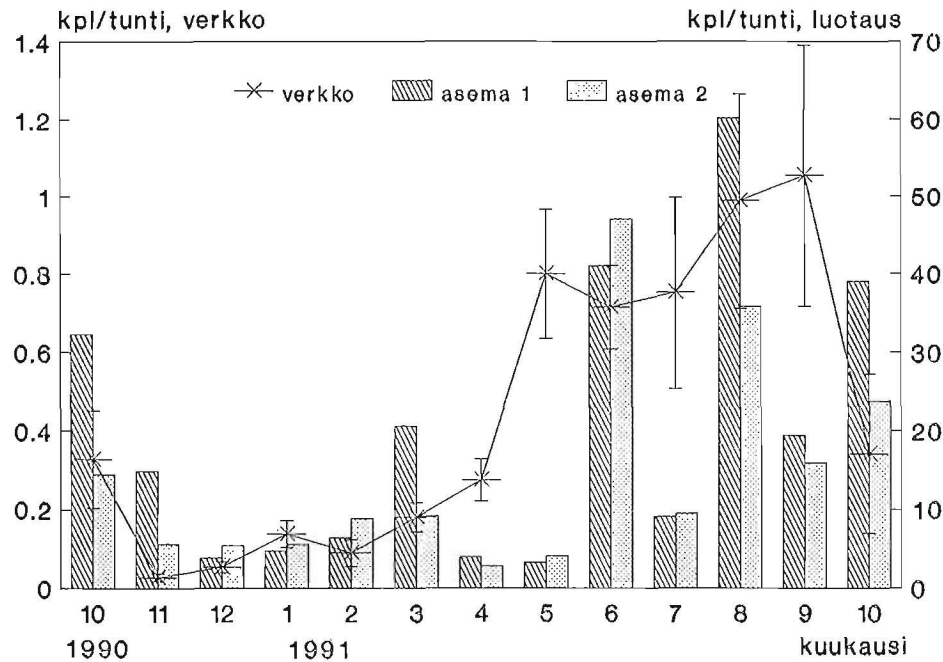
Koekalastuksissa päädyttiin käyttämään olosuhteiden mukaan eri pyyntimenetelmiä mahdollisimman paljon rinnatusten. Tämä onnistui hyvin kesän aikana, mutta talvella rysä- ja nuottakalastuksesta jouduttiin luopumaan vaikeiden jääolojen takia. Toisaalta tuona aikana alasvaeltaneiden kalojen määrä oli pieni ja verkkopyyntiä lisättiin silloin, kun muilla pyydyksillä ei voitu kalastaa.

Tutkimuksen alkuvaiheessa oletettiin, että rysällä pyynti onnistuisi jokiuomassa kaiku luotauslinjojen välittömässä läheisyydessä. Tarkoitusta varten rakennettiin liitteessä 9 kuvattu rysä A. Tuolla 9 m pyyntikorkuisella rysällä kalastettiin n. 2 viikkoa kesän 1990 alussa Jylhämän voimalaitoksen ala- ja yläkanavassa (kuva 9 rysät 4 ja 6, liite 9 rysä A). Pyydys toimi kohtalaisesti virtauksen ollessa alle 150 m³/s. Virtaus nousi kuitenkin välillä jopa 400 m³/s, jolloin pyydys rikkoontui. Runsaan korjaustarpeen vuoksi pyynti rysä A:lla lopetettiin.

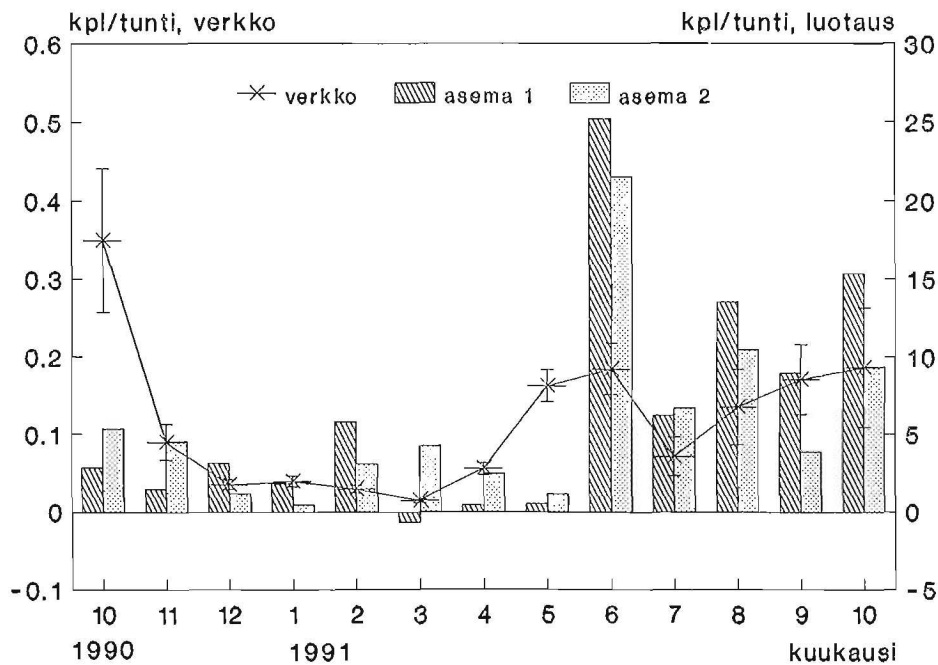
Koska kova virtaus vaikeutti oleellisesti rysäkalastusta, täytyi rysällä pyynnistä luotauslinjojen välittömässä läheisyydessä luopua ja etsiä hidasvirtaisempia aluei-

ta. Päädyttiin myös käyttämään tavanomaisempia rysätyyppejä (liite 9, rysät B-E). Alueella 1 rysän siika- ja taimenyksikkösaaliin havaittiin vilkkaimman vaelluksen aikana vastaavan kaikuluotaustuloksia melko hyvin (vrt. luku 3.3).

TS= -45, -43, -41
VERKOT ALLE 20 mm



TS= -39, -37, -35
VERKOT 20-40 mm



Kuva 40. Verkkoharvuksien alle 20 mm ja 20-40 mm yksikkösaaliin vertailu saaliskaloja vastaavankokoisiin kaikuluotaushavaintoihin. Yksikkösaaliista on esitetty kuukausikeskiarvo ja keskiarvon keskivirhe.

Verkkopyynti onnistui kohtuullisesti rantavesissä ja pohjan tuntumassa. Yleensä verkkoja pidettiin pyynnissä virran suuntaisesti, koska poikkivirrassa ollessaan verkot menettivät huomattavasti pyyntitehoa. Useita verkkoja repeytyi koepyyntin aikana niiden tartuttua pohjaan kiinni. Suvantoalueilla voimalaitoksen alakanavan jälkeen alueella 2 (kuva 4) sekä Jylhämän voimalaitoksen yläpuolella leveässä uomassa alueella 1 verkkopyynti onnistui parhaiten. Näihin paikkoihin verkkopyynti suurimmaksi osaksi keskittyikin tutkimuksen aikana.

Kokeilut pintaverkkokalastuksesta eivät tuottaneet saalista. Pohjaverkkojen yksikkösaaliin havaittiin vastaavan luotaustuloksia hyvin ainoastaan talvikuukausina (kuva 40). Verkoilla (20–40 mm) ei ilmeisesti saatu siikoja ja taimenia oikeassa suhteessa niiden vaellusmääriin verrattuna kesäjakson aikana, jolloin niiden vaellus oli vilkkainta. Tiheillä verkoilla (alle 20 mm) suhteellisia saaliita saatiin touko-, heinä- ja syyskuussa huomattavasti enemmän kuin luotaustulosten mukaan olisi saalista vastaavan kokoisia (10–20 cm) kaloja vaeltanut joessa alavirtaan. Tähän lienee syynä suuri paikallisten ahventen osuus saaliissa. Muina kuukausina alle 20 mm verkkojen yksikkösaalis ja luotaustulos vastaavat melko hyvin toisiaan.

Nuottapyynti onnistui parhaiten pilvisellä tai sumuisella ilmalla sekä hämäränä vuorokauden aikana. Tuolloin kalat olivat usein pinnan tuntumassa eivätkä ne olleet niin arkoja kuin kirkkailla ilmoilla. Pyydys sopi parhaiten siian, taimenen ja muiden pyyntiin. Pohjan tuntumassa liikkuvien kalojen pyyntiin nuotta ei useimmissa tapauksissa soveltunut, koska veto epäonnistui virtapaikoissa nuotan tartuttua pohjaan kiinni. Riittävän syvissä (> 6 metriä) paikoissa nuotalla kalastus onnistui hyvin myös kovan virtauksen aikana.

Liitteissä 7 ja 8 on tarkasteltu luotaus- ja koekalastusaineistojen pituusjakauman vastaavuutta. Tarkastelusta selviää, että koekalastus on ollut kokoluokkien suhteen tiettyinä jaksoina valikoivaa. Jonkin kokoluokan yli- tai aliedustus saaliissa ei kuitenkaan sinänsä vaikuta virheellisesti lopputulokseen. Tärkeämpää on, että kussakin kokoluokassa pystytään arvioimaan eri lajien osuus alasvaeltaneiden kalojen määrästä oikeassa suhteessa.

Luotaustuloksen jaossa lajeihin yhtenä virhelähteenä on voinut olla, että arviossa käytettiin koko tutkimusjakson ajalle samaa pituusjakaumaa kunkin lajin osalle (luku 2.5, yhtälö 5), vaikka kalat ovat kasvaneet koejakson aikana. Virhettä pienentää se, että pituusmittauksia tehtiin jatkuvasti koko tutkimusjakson ajan päivittäisistä saalisnäytteistä, jolloin eri lajien pituusmitattujen kalojen aineisto jakautui saaliin suuruuden kanssa samassa suhteessa. Toisaalta luotaustulosten sisältämät virhearvio kokoluokista ja kokoluokkien väljyys myös peittävät em. virheen.

Virhettä on voinut aiheuttaa myös se, että kaikille lajeille käytettiin samaa pituusjakaumajaottelua kalojen pituuden ja kohdevoimakkuuden välillä, vaikka eri lajisista kaloista heijastuneet kohdevoimakkuudet eroavatkin jonkin verran (ks. luvut 2.5 ja 4.1). Muihin virhelähteisiin verrattuna tästä aiheutuva tulosten virheellisyys lienee kuitenkin vähäinen.

Koekalastustulosten tueksi tutkimukseen liitettiin merkintätutkimus. Tutkimuksen kannalta tärkeimpiä lajeja, siikoja ja taimenia merkittiin yhteensä 14 000 kalaa (10 500 siikaa ja 3 500 taimenta). Merkinnoilla pystyttiin osoittamaan mm., että huomattava osa tutkimusalueelle saapuneista siioista ei jatkanut vaellustaan Oulujokeen, vaan palasi Oulujärvelle. Merkintöjen perusteella taimenien havaittiin vaeltavan Oulujärven luusuaan eri puolilta järveä ja vaelluksen havaittiin myös jatkuvan edelleen Oulujokeen.

5 ALASVAELLUKSEEN VAIKUTTAVIEN TEKIJÖIDEN MERKITYS

Ympäristötekijöiden välitön vaikutus alasvaellukseen näyttää tilastollisen tarkastelun perusteella vähäiseltä. Alasvaellus näytti lisääntyvän, kun vedenkorkeus ja lämpötila nousivat. Myös rysän yksikkösaaliin ja alasvaelluksen välillä oli positiivinen riippuvuus. Veden juoksutuksen ja alasvaelluksen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta.

Vaikka vedenkorkeus oli yksittäisistä muuttujista tärkein, on mahdollista, että lämpötila on kuitenkin vedenkorkeutta tärkeämpi. Lämpötila, veden korkeus ja virtaama korreloivat keskenään, mikä johtuu siitä, että keväällä ja alkukesästä Oulujärveen kerätään vettä ja siitä syystä virtaus on vähäistä. Samaan aikaan luonnollisesti myös lämpötila nousee. Näistä tekijöistä kuitenkin vain veden korkeus ja virtaama riippuvat toisistaan.

Veden lämpötilan nousu keväällä ei riipu säännöstelystä. Lämpötila vaikuttaa kalojen aktiivisuuteen ja aktiivisuus lisää mahdollisuuksia myös alasvaellukseen. Taimenella suurin yksittäinen tekijä on keväällä tehtävät istutukset. Istutetut kalat näyttävät istutusten jälkeen vaeltavan runsaasti ja tällöin ne ovat alttiimpia kuin muulloin vaeltamaan pois järvestä. Taimenen vaellushuipun aikana veden lämpötila oli 10–13 astetta.

Myös muualla taimenen poikasten (Gönczi et al. 1986) on todettu lähtevän vaellukselle samoissa lämpötiloissa. Kitkajoessa kudulle nousevan taimenkannan vaelluspoikasista pääosan on havaittu lähtevän vaellukselle alavirtaan ennen kesäkuun puoliväliä lämpötilan ollessa 9–12 astetta (P. Korhonen suullinen tieto) ja kudulle laskeutuvan taimenkannan vaelluspoikasten on havaittu lähtevän vaellukselle vastavirtaan samoihin aikoihin vaellushuipun ollessa 11.–15.6. ja veden lämpötilan 11–12 astetta (Keränen 1978). Kitkajoen virtaama on tuolloin maksimissaan. Merilohen poikasten vapautusallaskokeessa Harjavallassa (Pursiainen ym. 1985) poikasten on todettu lähtevän vaellukselle runsaiten lämpötilan ollessa 9–15 astetta.

Siian rysäsaaliin ja alasvaelluksen välinen positiivinen riippuvuus selittyy osittain myös lämpötiloilla. Keväällä siiat etsivät ravintoa rannoilta. Samaan ilmiöön perustuvat myös Oulujärvellä harjoitetun isorysäpyynnin hyvät saaliit keväällä ja alkukesästä. Lämpötilan noustessa siiat vaeltavat pois rannoilta ja samalla siian osuus alasvaeltavista kaloista vähenee. Täten siian alasvaelluksen kannalta otolliset ajat ovat etenkin keväällä ja alkukesästä, mutta myös syksyllä kun vesi jälleen jäähtyy. Talvella vaellus lieenee vähäisempää alemman aktiivisuuden vuoksi.

Tässä on tarkasteltu kalojen alasvaellukseen vaikuttavia tekijöitä vuorokausittain tehtyjen havaintojen perusteella. On kuitenkin todennäköistä, että alasvaellus selittyy ympäristöolosuhteiden pitkän ajan yhteisvaikutuksena. Alasvaelluksen mallintamista käytetyllä menetelmällä haittaa suuri vaihtelu alasvaeltaneiden kalojen määrässä. Tämä selittänee sen, että tarkastelluilla muuttujilla voitiin selittää vain vähäinen osuus alasvaelluksesta.

Siikojen vaellus pois Oulujärvestä riippuneen paljon koko järven siikamäärästä. Mikäli siikakannan koko järvessä on suuri, myös Oulujärven luusuassa on paljon siikaa. Oulujärven siikakannan koko on 1970-luvun alun jälkeen vaihdellut ollen suurin 1970-luvun alussa ja 1980-luvun alkupuolella ja pienin 1970-luvun puolivälissä (Salojärvi ym. 1990, Salojärvi 1992a). Vuosina 1990 ja 1991 Oulujärven siikakannan koko oli keskimääräinen (Salojärvi 1992a). Tämä osaltaan selittänee, miksi alasvaeltavaa siikaa oli melko vähän. Samasta syystä myös muikun alasvaellus oli vähäistä. Muikkukannan koko oli 1970-luvun alussa ja 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa huomattavasti suurempi kuin nykyisin (Salojärvi 1992b). On todennäköistä, että tuolloin muikkua vaelsi Oulujokeen enemmän kuin nykyisin.

6 ARVIO ALASVAELTAMISEN KALATALOUEDELLISESTA MERKITYKSESTÄ

6.1 Siika

Eri siikamuotojen osuus alasvaeltaneista noudattaa hyvin siikojen runsaussuhteita Oulujärvessä (Salojärvi ym. 1990, Salojärvi 1992a). Eri siikamuotojen alasvaeltamisessa ei siten näytä olevan huomattavia eroja. Alasvaeltaneiden siikojen määrä, n. 40 000 (vaihtelu 20 000–60 000) yksilöä on kalataloudellisesti vähäinen. Alasvaeltaneiden järvisiikojen määrä n. 24 000 (vaihtelu 18 000–35 000) on vain 1,6 % (vaihtelu 0,8–2,4 %) kaksivuotiaiden ja vanhempien järvisiikojen määrästä ja alasvaeltaneiden istutettujen planktonsiikojen määrä (8 000–25 000) on 3,3 % (vaihtelu 1,6–4,9 %) Oulujärven kaksivuotiaiden ja vanhempien planktonsiikojen määrästä.

Luonnollinen kuolevuus (lähinnä petokalojen aiheuttama kuolevuus) poistaa Oulujärven siikakannasta vuosittain keskimäärin 20 % (vaihtelu 10–20 %), johon myös alasvaellustappiot sisältyvät (Salojärvi ym. 1990). Oulujärven siikojen luonnollinen kuolevuus on puolestaan varsin pieni verrattuna muualla julkaistuihin luonnollisen kuolevuuden arvoihin (Lehtonen 1981, Vetter 1989).

Siikojen kasvu ja kuolevuus ovat Oulujärvessä kannan tiheydestä riippuvia (Salojärvi 1992a). Tämä merkitsee sitä, että poisvaeltaneiden siikojen määrä kompensoituu ainakin periaatteessa parantuneena kasvuna ja pienempänä luonnollisena kuolevuutena, koska jäljelle jääville kaloille on enemmän ravintoa. Muutokset tosin ovat niin vähäisiä, että niitä ei pystytä edes mittaamaan. Saalis ei siten oleellisesti kasvaisi, vaikka siikojen alasvaellus pystyttäisiin kokonaan estämään.

6.2 Taimen

Istutettujen taimenten vaellus oli suhteellisesti runsaampaa kuin siialla. Alasvaeltavien taimenten määrä 4 000–15 000 oli tutkimusajankohtana huomattava. Oulujärven taimenten istutuksista se oli 6–21 %. Taimenen alasvaellus keskittyi lyhyelle ajanjaksolle noin kuukausi istutusten jälkeen. Mikäli alasvaellus kesä–heinäkuussa voitaisiin estää, ongelma olisi mahdollisesti ratkaistu, koska valtaosa (75 %) taimenista vaelsi tuona aikana. Tämä edellyttää kuitenkin, että tutkimusjakson tulokset olisivat suoraan sovellettavissa myös muina vuosina. Koekalastusten perusteella kesällä 1990 taimenten vaellus näytti olevan huomattavasti vähäisempää kuin kesällä 1991. Tuolta ajalta ei ollut kuitenkaan kaikuluotaustuloksia käytössä, joten alasvaeltaneiden taimenten määrää ei voitu arvioida.

Taimenten alasvaellushalukkuuteen saattaa vaikuttaa monet eri tekijät kuten istutusajankohta- ja paikka sekä istukkaan koko ja perimä. Tämän tutkimuksen aikana edellämainittujen tekijöiden vaikutusta ei kuitenkaan arvioitu. Asian tarkempi selvittäminen vaatisi erillisen pitempiaikaisen tutkimuksen.

Tutkimustulosten perusteella arvioitu alasvaeltaneiden taimenten määrä, 4 000–15 000 kalaa, edustaa varsin huomattavia taloudellisia arvoja Oulujärvellä. Yhden istukkaan hinta on vähintään 10 mk, joten alasvaeltaneiden taimenten arvo on luokkaa 40 000–150 000 mk. Mikäli alasvaeltaneet taimenet olisivat pysyneet Oulujärvessä, huomattava osa niistä saataisiin virkistyskalastuksen saaliiksi. Merkitäpalautusten sekä istutus- ja saalistilastojen perusteella voidaan arvioida että alasvaeltaneista taimenista saataisiin Oulujärvestä saaliiksi 2 300–8 700 yksilöä yhteiseltä painoltaan 900–3 400 kiloa. Virkistyskalastussaaliin rahamitallinen arviointi on vaikeaa, mutta se lienee suurempi kuin esim. alasvaeltaneiden taimenten istukoiden arvo.

Taloudellista menetystä arvioitaessa on kuitenkin otettava huomioon, että osa Oulujokeen vaeltaneista taimenista saadaan saaliiksi patoaltaista tai merestä. Pohjois-Suomen vesitutkimustoimiston arvion (1992) mukaan kalastuskokoisten taimenien istutukset Oulujokeen v. 1990–1991 vastaavat vain noin puolta saalismäärästä. Myös alamittaisten taimenten saaliit ovat tiedustelun mukaan olleet runsaita pian poikaserien istutusten jälkeen.

6.3 Muut lajit

Vaikka siian ja taimenen ohella käytännössä kaikkia alueella esiintyviä kalalajeja vaeltaa Oulujärvestä pois (kuhaa ei alasvaeltaneiden kalojen joukossa havaittu), ei niiden poisvaelluksella ole kalataloudellista merkitystä. Ns. vähäarvoisten lajien, särjen, ahvenen, kuoreen yms. vaelluksilla ei liene vaikutusta Oulujärven ko. lajien kantojen runsauteen. Niiden vaelluksilla on ehkä jopa suurempi kalataloudellinen arvo alapuolisessa vesistössä kuin itse Oulujärvessä.

7 SUOSITUKSET TOIMENPITEIKSI

Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ollut selvittää keinoja kalojen alasvaellusten estämiseksi, joten yksilöityä suunnitelmaa kalojen alasvaellusten estämiseksi ei esitetä. Kalojen poisvaellusten estämistä Oulujärvestä Oulujokeen kannattaa harkita vain taimenen osalta. Muiden lajien vaeltaminen pois Oulujärvestä ei ole kovin ongelmallista.

Taimenen vaellusten mahdolliseen estämiseen on alustavan tarkastelun perusteella olemassa kolme varteenotettavaa vaihtoehtoa. Ensinnäkin voidaan käyttää mekaanisia esteitä (esteaita), toiseksi kaloja karkoittavaa sähköaitaa ja kolmanneksi kalojen biologiaan perustuvia keinoja (istutusajat, -paikat ja istutettavan kannan valinta). Muualla on kokeiltu muunkinlaisia ratkaisuja (mm. ääni- ja valokarkotteet), mutta niiden toimivuudesta ei ole tietoja kalastoltaan Suomea vastaavista olosuhteista, eivätkä ääni- ja valokarkotteista muualla saadut kokemukset ole kovin rohkaisevia (Kaatra ym. 1989).

Mekaaniset esteaidat: Havaksesta rakennettuja mekaanisia esteaitoja on käytössä Suolijärvillä ja Iijoen vesistöalueella. Esteaitoja on rakennettu hyvin erilaisista materiaaleista ja myös niiden rakenneratkaisut poikkeavat huomattavasti toisistaan. Esteaidat vaativat jatkuvaa huoltoa, joten käyttökustannukset voivat muodostua huomattaviksi. Mekaanisten esteaitojen ongelmana on jokiympäristössä voimakas roskaantumisen sekä suojaaminen jään vahingoilta. Esteaita estää myös veneliikenteen. Mekaanisen esteaidan rakentamiseen tarvitaan vesioikeuden lupa. Verkkoaidoista saatuja kokemuksia on raportoitu ainakin Suolijärviltä (Partanen 1985).

Sähköesteaita: Kemijoki Oy on kehittänyt sähköesteaidan karkoittamaan kaloja pois voimalaitosten vedenjohtokanavista. Sähköesteaita on rakennettu Kemijoen Kurittukoskeen ja Tengeliönjoen Portimojärven luusuaan voimalaitosten yhteyteen. Sähköesteaitaa kokeillaan parhaillaan Mustionjoella. Sähköesteaitaa on kokeiltu myös ylösvaeltavien kalojen ohjailuun Vantaanjoella. Lahden kaupungin lämpövoimalan lauhdeveden ottoputken yhteyteen on Vesijärvelle rakennettu sähköinen kalojen estosysteemi. Sähköesteaidan toimivuutta ja käyttömahdollisuuksia tutkitaan parhaillaan riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa (T. Friman). Tutkimukset ovat vielä kesken, mutta alustavien tietojen mukaan sähköesteaita karkottaa huonosti pieniä kaloja. On kuitenkin mahdollista, että sähköinen kenttä voisi karkottaa sen kokoisia taimenia kuin Oulujärvestä vaeltaa pois. Toistaiseksi varmuutta toimivuudesta ei kuitenkaan ole.

Kalojen biologiaan perustuvat keinot: Eri taimenkantojen käyttäytymisessä on huomattavia eroja (mm. Gönczi et al. 1986). Käyttäytymiseen vaikuttavat perintötekijöiden lisäksi ympäristöolosuhteet kuten virtaus ja lämpötila. Suomessa vaihtoehtoisia kantoja on vähän. Jyrävän yläpuolista taimenkantaa olisi mahdollista kokeilla myös Oulujärven velvoiteistutuksissa. Vaelluskäyttäytymiseen voidaan ehkä vaikuttaa myös istutus- ja viljelytekniikkaa kehittämällä. Biologisiin tekijöihin perustuvien keinojen haittapuolena on niiden hitaus. Niistä ei kuitenkaan aiheudu haittaa, joita liittyy kaikkiin teknisiin ratkaisuihin. Myöskään vesioikeuden lupia ei vaadita.

8 YHTEENVETO

Säännösteltyihin järviin istutettujen kalojen vaeltaminen pois istutusjärvestä on koettu ongelmaksi useilla alueilla. Tässä tutkimuksessa selvitettiin noin vuoden (10.10.1990–18.10.1991) aikana Oulujärvestä Oulujokeen vaeltaneiden kalojen määrää, laji- ja kokojakauma sekä vaellusten ajankohta.

Tutkimus perustui uudentyypiseen kaikuluotaustekniikkaan. Aineistoa kerättiin kahden erillisen luotausaseman avulla. Toinen sijaitsi Jylhämän voimalaitoksen yläpuolella ja toinen sen alapuolella. Luotaustuloksia täydennettiin koekalastuksin rysillä, nuotilla ja verkoilla sekä kalamerkinnoilla luotausasemien läheisyydessä.

Alasvaeltaneiden kalojen kokonaismääräksi arvioitiin 260 000 (vaihteluväli 220 000–300 000) kalaa ja 20 000 kg (vaihteluväli 16 000–24 000). Suurimmat vaellushuiput ajoittuivat lokakuulle 1990 ja kesä-lokakuulle 1991. Lukumääräisesti eniten alasvaeltaneista kaloista oli ahvenia (31 %), kiiskiä (20 %), siikoja (16 %) ja särkiä (16 %). Painosta eniten oli siikoja (27 %), särkiä (22 %) ja mateita (15 %).

Taimenten vaellus oli kalataloudellisesti merkittävä. Yhteensä taimenia arvioitiin alasvaeltaneen n. 10 000 (vaihteluväli 4 000–15 000) kalaa. Alasvaeltaneista taimenista 93 % oli istutettu saman kevään aikana. Alasvaeltaneiden osuus oli n. 15 % Oulujärveen istutettujen taimenten määrästä. Vaellus ajoittui kesä-heinäkuun vaihteeseen, noin kuukausi istutuksista. Taimenia vaelsi tutkimusalueelle joka puolelta Oulujärveä.

Alasvaeltaneiden siikojen määräksi arvioitiin n. 40 000 (vaihteluväli 20 000–60 000) kalaa. Määrä on 2–3 % Oulujärven vuotuisesta siikakannan yksilömäärästä. Siioista n. 41 % oli istutettuja planktonsiikoja loput Oulujärven luonnonvaraisia siikamuotoja. Siikojen vaellus ajoittui kesä-lokakuun ajalle. Eniten siikoja vaelsi kesäkuussa.

Ympäristötekijöiden välitön vaikutus alasvaellukseen oli tilastollisen tarkastelun perusteella vähäinen. Alasvaellus näytti lisääntyvän, kun vedenkorkeus ja lämpötila nousivat. Veden juoksutuksen ja alasvaelluksen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta.

Tulosten perusteella kalojen poisvaellusten estämistä Oulujärvestä Oulujokeen kannattaa harkita vain taimenen osalta. Muiden lajien vaeltaminen pois Oulujärvestä ei ole kovin ongelmallista. Vaellusten estämiseen on kolme varteenotettavaa vaihtoehtoa: mekaaniset esteet, sähköaita ja biologiaan perustuvat keinot (istutusajat, -paikat ja istutettavan kannan valinta).

KIRJALLISUUS

- Arvola, I. 1989. Kalavesien käyttö- ja hoitosuunnitelma. Osa 1, nykytila. Oulujärven kalastus-alue. Kainuun Kalatalouspiiri 1989. Moniste. 25 s.
- Buerkle, U. 1983. First look at herring distributions with a bottom referencing underwater towed instrumentation vehicle "Brutiv" In: Nakken, O. & Venema, S.C. (eds.), Symposium on fisheries acoustics. Selected papers of the ICES/FAO Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21-24 June 1982. Rome. FAO Fish. Rep. 300, s. 125-130.
- Echo Research Oy, 1990. A Hydroacoustical study of fish migration in the Oulujoki River, Central Finland. Preliminary report 15.10.1990. 20 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa)
- Echo Research Oy, 1991 a. A Hydroacoustical study of fish migration in the Oulujoki River, Central Finland. Preliminary report 05.01.1991. 67 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa)
- Echo Research Oy, 1991 b. A Hydroacoustical study of fish migration in the Oulujoki River, Central Finland. Preliminary report 05.04.1991. 35 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa)
- Echo Research Oy, 1991 c. A Hydroacoustical study of fish migration in the Oulujoki River, Central Finland. Preliminary report 10.07.1991. 38 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa)
- Echo Research Oy, 1992. A Hydroacoustical study of fish migration in the Oulujoki River, Central Finland. Final report 15.01.1992. 51 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa)
- Giorgi, A.E. and Sims, C.W. 1987. Estimating the Daily Passage of Juvenile Salmonids at McNary Dam on the Columbia River. North American Journal of Fisheries Management 7/1987. s. 215-222.
- Gulland, J.A. 1983. Basic concepts and data sources. In Fish stock assessment: a manual of basic methods, FAO/Wiley series on food and agriculture. 1. John Wiley & Sons, Chichester. 223 s.
- Gönczi, A.P., Henricson, J. & Sjöberg, G. 1986. Fiskevård i älv-magasin. Slutrapport från FÅK, del I. Sundsvall. 115 s.
- Hasselblad, V. 1966. Estimation of Parameters for a mixture of normal distributions. Technometrics. 8 (3): s. 431-446.
- Heikinheimo-Schmid, O. ja Huusko, A. 1987. Kalojen vaellus Kemijärvestä alavirtaan. Helsinki. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 68. s. 223-251.
- Hyvärinen, P. 1990. Yksikkösaaliin vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät Oulujärvellä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalantutkimuksia 9. 72 s.
- Hyvärinen, P. 1990. Oulujärven kalojen alasvaellustutkimus. Väliraportti koekalastuksista 25.5.-24.9.1990. 30 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa).
- Hyvärinen, P. 1991 a. Oulujärven kalojen alasvaellustutkimus. Väliraportti koekalastuksista 11.1.1991. 48 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa).

- Hyvärinen, P. 1991 b. Oulujärven kalojen alasvaellustutkimus. Väli­raportti koekalastuksista 8.5.1991. 31 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa).
- Hyvärinen, P. ja Virtanen, K. 1991. Oulujärven kalojen alasvaellustutkimus. Väli­raportti koekalastuksista 27.8.1991. 51 s. (Käsikirjoitus Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kirjastossa).
- Hyvärinen, P. and Salojärvi, K. 1991. The applicability of catch per unit effort (CPUE) statistics in fisheries management in Lake Oulujärvi, Northern Finland. In *Catch Effort Sampling Strategies*. I.G.Cowx (ed.). Fishing news books. s. 241–261.
- Johannesson, K.A., and R.B. Mitson, 1983. *Fisheries Acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation*. FAO Fish. Tech. Paper 240, FAO, Rome. 247 s.
- Jurvelius, J. 1991. Distribution and density of pelagic fish stocks, especially vendace (*Coregonus albula* (L.)), monitored by hydroacoustics in shallow and deep southern boreal lakes. *Finnish Fish. Res.* 12. s. 45–63.
- Kaatra, K., Marttunen, M. & Salojärvi, K. 1989. Kanadan matkan (16.9.–2.10.1989) matkaker­tomus. Vesi- ja ympäristöhallitus. Moniste. 43. s.
- Keränen, M. 1978. Kitkajärvien kudulle laskeutuvan taimenen, *Salmo Trutta L.*, vaelluksista, ominaisuuksista ja populaatiorakenteesta. Licensiaattitutkimus, Oulun yliopiston eläintieteen laitos, Oulu. 69 s.
- Lehtonen, H. 1981. Biology and stock assessments of coregonids by the Baltic coast of Finland. *Finnish Fish. Res.* 3, s. 31–83.
- Leskelä, A. 1989. Perämeren troolikalastuksen sivusaaliiden vaikutukset siiankalastukseen. Kalataloustieteen tutkielma. Helsingin yliopisto. 65. s.
- Lindem, T. 1983. Successes with conventional in situ determinations of fish target strength. In: Nakken, O. & Venema, S.C. (eds.), *Symposium on fisheries acoustics. Selected papers of the ICES/FAO Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21–24 June 1982*. Rome. FAO Fish. Rep. 300, s. 104–111.
- Monten, E. 1985. Fisk och turbiner. Statens Vattenfallsverk. s. 116.
- Partanen, L. 1985. Raportti esteitakokeilusta Posion Ylä-Suolijärvellä v. 1984–1985. 14.02.19–85. Pohjolan voima. Moniste. 6 s.
- Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto, 1992. Kalastus Utajärven, Muhoskylän ja Laitasaaren kalastuskuntien alueella Oulujoen vesistössä v. 1991. Moniste. 30 s.
- Pursiainen, M., Asla, I., Kannel, R. ja Westman, K. 1985. Lohenpoikasten vapautusallaskokeet Selkämeren rannikolla vuosina 1983–1984. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 42. s. 1–28.
- Raemhild, G. 1985. *The Application of Hydroacoustic Techniques in Solving Fishery Problems Related to Hydroelectric Dams*. BioSonics, inc. 4520 Union Bay Place NE, Seattle, Washington 98105 U.S.A. 24 s.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J., 1989: *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille*. Yliopistopaino. 569 s.

- Salojärvi, K., Auvinen, H. & Ikonen, E. 1981. Oulujoen vesistön kalatalouden hoitosuunnitelma. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, monistettuja julkaisuja 1, s. 1–277 + liitteet.
- Salojärvi, K., Partanen, H., Auvinen, H., Jurvelius, J., Jäntti-Huhtanen, N. & Rajakallio, R. 1985. Oulujärven kalatalouden kehittämissuunnitelma. Osa I: Nykytila. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, monistettuja julkaisuja 40, s. 1–278.
- Salojärvi, K. ja Huusko, A. 1987. Sotkamon reitin velvoitehoidon tulokset v. 1981–1985, tuloksiin vaikuttavat tekijät ja suositukset hoidon kehittämiseksi. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 58. 311 s.
- Salojärvi, K., Moilanen, P. ja Hyvärinen, P. 1990. Oulujärven siian kalastus, siikojen ekologia, istutustoiminnan tulokset ja ekologiset vaikutukset. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalantutkimusosasto. Käsikirjoitus. 113 s.
- Salojärvi, K. 1992a. Compensation in whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) populations in Lake Oulujärvi, northern Finland. Finnish Fish. Res. (painossa).
- Salojärvi, K. 1992b. Stock–recruitment relationships in the vendace (*Coregonus albula* (L.)) in Lake Oulujärvi, northern Finland. *Aqua Fennica* 21,2: 00–00 (painossa).
- SAS Institute Inc., 1985: SAS User's Guide: Basic, Version 5 Edition. 1290 s.
- SAS Institute Inc., 1985: SAS User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. 956 s.
- Saura, A. 1986. Polttomerkinnän käyttö meritaimenen (*salmo trutta* m. *trutta*) jokipoikasten kotipaikkauskollisuuden selvittämisessä. Suomen kalastuslehti, 7/1986, s. 327–330.
- Stanton, T.K. & Clay, C.S. 1986. Sonar echo statistics as a remote-sensing tool: volume and seafloor. *IEEE. J. Oceanic Engin.* OE-11 (1), s. 79–95.
- Tomlinson 1971. Normsep. In: Abramson N.G. (ed.) 1971: Computer programs for fish stock assesment. FAO: Fisheries Technical Paper nro. 1. 11.(1)–11.(10).
- Vetter, E.F. 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks. A review. *Fishery Bulletin* 86, s. 25–43.
- Vesihallitus 1977. Oulujoen vesistön vesien käytön kokonaissuunnitelma. Osat I, II ja III. – Vesihallitus, tiedotus 125 s.
- Vuorimies, O. 1984. Kirjallisuusselvitys kalacsteistä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto (käsikirjoitus).

LIITE 1. KOEKALASTUKSEN PYYNTIPONNISTUS PYYDYKSITTÄIN JA ALUEITTAIN

LIITE 1 A

Pyyntiponnistus pyydyksittäin koko tutkimusalueella yhteensä (alueet 1+2+3).
(kk = kuukausi, koet = koentakertojen lukumäärä = koettujen verkkojen tai rysien lukumäärä, aika = pyynnissäoloaika tunteina, vetoja = nuottauskertojen lukumäärä)

kk	Verkkoluokat silmäharvuksittain								Rysä		Nuotta
	< 20 mm		20-30 mm		31-45 mm		> 45 mm		yhteensä		yht.
	koet	aika	koet	aika	koet	aika	koet	aika	koet	aika	vetoja
5/90	-	-	13	51	3	24	1	23	1	6	-
6	1	21	24	285	16	264	1	24	8	170	5
7	5	47	25	142	19	116	-	-	13	246	148
8	2	38	10	54	10	56	-	-	-	-	233
9	12	167	11	185	5	74	-	-	-	-	190
10	24	542	28	589	18	341	18	482	-	-	97
11	27	664	43	1113	31	79	26	617	-	-	14
12	10	385	23	1182	24	1299	16	717	-	-	-
yht/90	81	1864	177	3601	126	2972	62	1863	22	422	687
1/91	21	791	42	1584	44	1752	34	1199	-	-	-
2	32	1053	55	1701	61	2035	51	1700	-	-	-
3	55	2015	59	2521	61	2223	58	2782	-	-	1
4	70	2538	83	2989	65	2370	75	2827	1	24	12
5	32	935	71	2762	48	1681	58	2063	39	1194	15
6	22	713	49	1722	48	1747	33	1170	74	2705	45
7	12	409	20	525	16	513	17	603	56	1878	221
8	7	168	20	252	19	228	7	168	29	1812	227
9	15	350	23	540	12	278	15	352	27	1078	133
10	7	166	7	166	10	238	8	190	47	1339	80
yht/91	273	9138	429	14762	384	13065	356	13054	273	10030	734
yht.	354	11002	606	18363	510	16037	418	14917	295	10452	1421

LIITE 1 B

Pyyntiponnistus pyydyksittäin alueella 1.
(kk = kuukausi, koet = koentakertojen lukumäärä = koettujen verkkojen tai rysien lukumäärä, aika = pyynnissäoloaika tunteina, vetoja = nuottauskertojen lukumäärä)

kk	Verkkoluokat silmäharvuksittain								Rysä		Nuotta
	< 20 mm		20-30 mm		31-45 mm		> 45 mm		yhteensä		yht.
	koet	aika	koet	aika	koet	aika	koet	aika	koet	aika	vetoja
5/90	-	-	6	25	3	24	1	23	-	-	-
6	1	21	22	247	14	226	1	24	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	13	246	85
8	1	18	2	23	5	28	-	-	-	-	183
9	5	75	8	112	3	36	-	-	-	-	51
10	10	213	15	295	5	87	17	462	-	-	37
11	12	343	20	616	8	200	14	358	-	-	8
12	5	121	13	658	12	817	6	144	-	-	-
yht/90	34	791	86	1976	50	1418	39	1011	13	246	364
1/91	18	576	24	912	24	865	18	671	-	-	-
2	28	909	28	862	31	1076	25	789	-	-	-
3	32	1366	30	1320	33	1102	31	1630	-	-	1
4	45	1603	55	1938	41	1459	49	1820	-	-	12
5	18	503	45	1828	25	915	37	1367	21	707	3
6	12	357	23	864	26	936	15	527	33	1358	8
7	4	157	10	303	8	255	7	231	35	1096	34
8	4	96	15	132	13	84	4	96	12	657	11
9	9	210	14	330	7	162	8	186	19	669	8
10	3	72	4	96	5	120	4	96	37	795	-
yht/91	173	5849	248	8585	213	6974	198	7413	157	5282	77
yht.	207	6640	334	10561	263	8392	237	8424	170	5528	441

LIITE 1 C-E

LIITE 1 C

Pyyntiponnistus pyydyksittäin alueella 2.

(kk = kuukausi, koet = koentakertojen lukumäärä = koettujen verkkojen tai rysien lukumäärä, aika = pyynnissäoloaika tunteina, vetoja = nuottauskertojen lukumäärä)

kk	Verkkoluokat silmäharvuuksittain								Rysä		Nuotta
	< 20 mm		20-30 mm		31-45 mm		> 45 mm		yhteensä		yht.
	koet	aika	koet	aika	koet	aika	koet	aika	koet	aika	vetoja
5/90	-	-	7	26	-	-	-	-	1	6	-
6	-	-	2	38	2	38	-	-	8	170	5
7	5	47	25	142	19	116	-	-	-	-	63
8	1	20	8	31	5	28	-	-	-	-	50
9	7	92	3	73	2	38	-	-	-	-	139
10	14	329	13	294	13	254	1	20	-	-	60
11	15	321	23	497	23	598	12	259	-	-	6
12	5	264	10	524	12	482	10	573	-	-	-
yht/90	47	1073	91	1625	76	1554	23	852	9	176	323
1/91	3	215	18	672	20	887	16	528	-	-	-
2	4	144	27	839	30	959	26	911	-	-	-
3	23	649	29	1201	28	1121	27	1152	-	-	-
4	25	935	28	1051	24	911	26	1007	1	24	-
5	14	432	26	934	23	766	21	696	18	487	12
6	10	356	26	85	22	811	18	643	41	1347	36
7	8	252	10	222	8	258	10	372	21	782	123
8	3	72	5	120	6	144	3	72	17	1155	94
9	6	140	9	210	5	116	7	166	8	409	17
10	4	94	3	70	5	118	4	94	10	544	12
yht/91	100	3289	181	6177	171	6091	158	5641	116	4748	294
yht.	147	4362	272	7802	247	7645	181	6493	125	4924	617

LIITE 1 D

Rysien pyyntiajat ja kokonaissaaliit pyyntipaikoittain ja rysämalleittain.

Rysäpaikkanumerointi vastaa kuvan 9 karttaan merkittyjä rysäpaikkoja ja rysämallin kirjainkoodit vastaavat liitteessä 9 esitettyjä rysien rakennekaavioita.

rysä-paikka	rysä-malli	pyynti-aika	pyynti-vrk	saalis kpl
1	-	26.05.1991 - 14.07.1991	49	n. 5000
2	D	24.05.1991 - 31.10.1991	159	9132
3	E	27.05.1991 - 31.07.1991	64	10857
4	A	10.07.1990 - 20.07.1990	10	178
5	B	08.05.1991 - 27.05.1991	19	61
6	A	28.05.1990 - 29.05.1990	1	1
6	A	04.06.1990 - 08.06.1990	4	283
6	A	14.06.1990 - 18.06.1990	4	25
7	B	28.05.1991 - 23.10.1991	148	3421
8	C	11.04.1991 - 12.04.1991	1	5
8	C	15.05.1991 - 25.06.1991	40	942
9	E	05.08.1991 - 20.08.1991	15	84

LIITE 1 E

Pyyntiponnistus alueella 3.

Alueella 3 koekalastettiin vain vuonna 1991 ja ainoastaan nuotalla. Vetojen määrä kuukausittain:

kesäkuu	heinäkuu	elokuu	syyskuu	lokakuu	yhteensä
1	64	122	108	68	363

**LIITE 2. KOEKALASTUKSEN KOKONAISSAALIS (KG) PYYDYKSITTÄIN,
ALUEITTAIN JA LAJEITTAIN (25.5.1990-31.10.1991)**

LIITE 2 A

Kokonaissaalis (kg) pyydyksittäin koko tutkimusjakson aikana
(25.5.1990-31.10.1991), koko tutkimusalue (alueet 1+2+3).

	Verkkoluokittain, silmäh. mm				nuotta	rysä	yhteensä
	<20	20-30	31-45	>45			
siika	0,2	33,2	17,8	5,9	349,8	1434,6	1841,5
särki	3,5	189,2	58,2	1,1	119,3	172,2	543,5
ahven	28,3	28,3	3,9	0,7	130,5	170,3	362,0
hauki	0,1	17,2	12,5	11,8	2,9	54,9	99,4
made	15,5	49,0	23,6	12,5	0,6	2,7	103,9
made (koukku)							75,0
kiiski	23,8	8,4	-	-	8,1	1,1	41,4
kirjolohi	-	2,7	4,4	1,3	7,0	3,2	18,6
taimen	-	3,5	6,2	4,1	38,7	108,6	161,1
muikku	1,9	-	-	-	339,2	12,6	353,7
kuore	0,1	0,01	-	-	123,7	1,3	125,1
harjus	0,03	1,2	0,4	-	0,1	0,02	1,7
seipi	0,5	5,7	0,4	-	11,2	53,6	71,4
salakka	3,6	0,04	0,1	-	9,4	1,8	14,9
lahna	-	0,1	0,1	3,1	-	13,0	16,3
kymmenpiikki	-	-	-	-	0,006	-	0,006
simppu	0,001	-	-	-	-	-	0,001
ruutana	-	-	-	-	-	0,05	0,05
järvilohi	-	-	-	-	3,4	-	3,4
ankerias (haavi)	-	-	-	-	-	-	1,3
kivenuoliainen	-	-	-	-	-	0,08	0,08
yhteensä	77,5	338,5	127,6	40,5	1150,0	2029,9	3834,2

LIITE 2 B

Kokonaissaalis (kg) pyydyksittäin koko tutkimusjakson aikana
(25.5.1990-31.10.1991), alueella 1.

	Verkkoluokittain, silmäh. mm				nuotta	rysä	yhteensä
	<20	20-30	31-45	>45			
siika	0,2	23,9	9,1	2,7	158,1	1421,6	1615,6
särki	0,8	58,4	2,3	-	2,6	58,2	122,3
ahven	13,5	9,5	1,3	0,4	55,9	135,3	215,9
hauki	-	7,9	8,4	11,8	-	53,2	81,3
made	9,3	31,9	11,1	8,3	-	-	60,6
made (koukku)							47,6
kiiski	12,1	4,9	-	-	-	0,2	17,2
kirjolohi	-	-	-	-	-	-	-
taimen	-	-	4,7	1,7	22,9	106,2	135,5
muikku	1,8	-	-	-	0,2	12,4	14,4
kuore	0,1	0,01	-	-	0,01	0,01	0,1
harjus	-	-	-	-	-	-	-
seipi	0,3	3,3	-	-	1,3	38,4	43,3
salakka	0,5	-	-	-	-	0,03	0,5
lahna	-	0,1	-	-	-	5,6	5,7
kymmenpiikki	-	-	-	-	0,005	-	0,005
simppu	0,001	-	-	-	-	-	-
ruutana	-	-	-	-	-	-	-
järvilohi	-	-	-	-	1,2	-	1,2
ankerias (haavi)	-	-	-	-	-	-	-
kivenuoliainen	-	-	-	-	-	-	-
yhteensä	38,6	139,9	36,9	24,9	242,2	1831,1	2361,2

LIITE 2 C-D

LIITE 2 C

Kokonaissaalis (kg) pyydyksittäin koko tutkimusjakson aikana
(25.5.1990-31.10.1991), alueella 2.

	Verkkoluokittain, silmäh, mm				nuotta	rysä	yhteensä
	<20	20-30	31-45	>45			
siika	-	9,3	8,7	3,2	151,5	13,0	185,7
särki	2,7	130,8	55,9	1,1	5,5	114,0	310,0
ahven	14,8	18,7	2,6	0,3	12,2	34,9	83,5
hauki	0,1	9,4	4,1	-	-	1,7	15,3
made	6,2	17,1	12,5	4,3	-	2,7	42,8
made (koukku)							27,4
kiiski	11,7	3,5	-	-	0,01	1,0	16,2
kirjolohi	-	2,7	4,4	1,3	7,0	3,2	18,6
taimen	-	3,5	1,5	2,4	15,2	2,4	25,0
muikku	0,02	-	-	-	0,2	0,2	0,4
kuore	-	-	-	-	1,0	1,3	2,3
harjus	0,04	1,2	0,4	-	0,1	0,02	1,7
seipi	0,2	2,4	0,4	-	0,6	15,3	18,9
salakka	3,1	0,04	0,1	-	1,3	1,7	6,2
lahna	-	-	0,1	3,1	-	7,4	10,6
kymmenpiikki	-	-	-	-	-	-	-
simppu	-	-	-	-	-	-	-
ruutana	-	-	-	-	-	0,05	0,05
järvilohi	-	-	-	-	2,2	-	2,2
ankerias (haavi)	-	-	-	-	-	-	1,3
kivenuoliainen	-	-	-	-	-	0,08	0,08
yhteensä	38,8	198,6	90,7	15,7	196,8	198,8	768,1

LIITE 2 D

Kokonaissaalis (= nuottasaalis) sekä keskipainot lajeittain alueella 3.

	saalis, kg	saalis, kpl	keskipaino (g)
siika	40,2	336	120
särki	111,2	8444	13
ahven	62,4	3543	18
hauki	2,9	4	725
made	0,6	2	300
made (koukku)			-
kiiski	8,1	673	12
kirjolohi	-	-	-
taimen	0,616	4	154
muikku	338,8	7699	44
kuore	122,7	10870	11
harjus	-	-	-
seipi	9,3	227	41
salakka	8,1	498	16
lahna	-	-	-
kymmenpiikki	0,001	1	1
simppu	-	-	-
ruutana	-	-	-
järvilohi	-	-	-
ankerias (haavi)	-	-	-
kivenuoliainen	-	-	-
yhteensä	704,9	32301	22

LIITE 3. KOEKALASTUKSEN KOKONAISAAJIS (KPL) KUUKAUSITTAIN JA LAJEITTAIN (1.10.1990-31.10.1991) ALUEELLA 1

Kuukausittainen kokonaissaaajis 1.10.1990-31.10.1991, alueella 1.

K U U K A U S I							
LAJI	YHT KPL	10/90	11/90	12/90	1/91	2/91	3/91
S A A L I S , KPL							
siika	12404	37	11	14	17	14	6
muikku	430	61	2	0	0	1	0
ahven	7902	15	2	2	12	5	3
särki	997	8	23	19	14	11	1
made	293	7	22	27	68	64	48
kiiski	857	6	2	5	40	25	71
harjus	0	0	0	0	0	0	0
kirjol.	0	0	0	0	0	0	0
ruutana	0	0	0	0	0	0	0
kuore	12	3	1	0	0	0	0
taimen	645	4	0	0	0	0	0
seipi	814	0	0	0	0	0	0
salakka	2	0	0	0	0	0	0
hauki	74	3	3	7	4	0	2
lahna	10	0	0	0	0	0	0
yhteensä	24440	144	66	74	155	120	131

K U U K A U S I							
LAJI	4/91	5/91	6/91	7/91	8/91	9/91	10/91
S A A L I S , KPL							
siika	41	635	5701	4313	728	346	541
muikku	0	1	17	312	1	7	28
ahven	61	195	1050	6199	167	184	7
särki	62	215	171	343	114	15	1
made	43	11	2	0	0	0	1
kiiski	217	287	112	6	26	54	6
harjus	0	0	0	0	0	0	0
kirjol.	0	0	0	0	0	0	0
ruutana	0	0	0	0	0	0	0
kuore	1	5	1	0	1	0	0
taimen	1	7	471	133	11	12	6
seipi	1	100	321	318	71	3	0
salakka	0	0	0	0	2	0	0
hauki	3	18	20	1	1	5	7
lahna	0	0	8	0	2	0	0
yhteensä	430	1474	7874	11625	1124	626	597

LIITE 4

LIITE 4. KOEKALASTUKSEN KOKONAISAAJIS (KPL) KUUKAUSITTAIN JA LAJEITTAIN (1.10.1990-31.10.1991) ALUEELLA 2

Kuukausittainen kokonaissajis 1.10.1990-31.10.1991
alueella 2.

K U U K A U S I							
LAJI	YHT KPL	10/90	11/90	12/90	1/91	2/91	3/91
S A A L I S , KPL							
siika	718	21	6	0	11	3	3
muikku	23	0	1	0	0	0	0
ahven	2850	63	15	14	23	45	120
särki	3784	241	80	8	20	14	9
made	241	5	26	33	24	44	62
kiiski	892	9	2	7	13	14	79
harjus	10	2	0	0	0	0	0
kirjol.	18	6	1	0	1	1	2
ruutana	1	0	0	0	0	0	0
kuore	158	1	0	0	0	0	0
taimen	99	1	0	0	1	0	2
seipi	70	2	0	0	1	0	0
salakka	101	0	0	0	0	1	0
hauki	37	3	2	1	2	7	1
lahna	19	1	0	0	0	0	0
yhteensä	9221	355	133	63	96	129	278

K U U K A U S I							
LAJI	4/91	5/91	6/91	7/91	8/91	9/91	10/91
S A A L I S , KPL							
siika	3	50	73	353	167	13	15
muikku	0	0	2	6	1	12	1
ahven	46	379	965	876	171	102	31
särki	77	723	1765	505	173	98	71
made	24	9	0	0	0	5	9
kiiski	202	277	76	36	53	77	47
harjus	3	4	1	0	0	0	0
kirjol,	4	0	0	1	1	0	1
ruutana	0	0	0	1	0	0	0
kuore	0	0	0	0	2	9	146
taimen	2	2	19	66	5	1	0
seipi	3	25	12	26	0	1	0
salakka	1	0	18	64	15	2	0
hauki	2	7	7	1	1	2	1
lahna	0	1	11	3	2	0	1
yhteensä	367	1477	2949	1938	591	322	323

**LIITE 5. KAIKULUOTAUSAINEISTOJEN PERUSTEELLA LASKETTU ALASVAELTA-
NEIDEN KALOJEN NETTOMÄÄRÄ PITUUSLUOKITTAIN JA KUUKAUSITTAIN
KAIKULUOTAUSASEMALLA 1**

			P I T U U S L U O K A T			
TS dB			-49	-47	-45	-43
cm			7-8	8-10	10-13	13-16
kuukausi	vrk	yht.	NETTOALASVAELLUS KPL			
10/90	22	29898	2574	8338	5852	3256
11/90	30	19530	4980	1020	5760	3270
12/90	31	12617	558	5053	1612	1240
1/91	31	6727	31	1798	2108	1519
2/91	28	12628	756	3528	1904	2436
3/91	31	23994	341	8959	3751	11346
4/91	13	1560	13	91	195	897
5/91	31	5487	124	2170	186	2108
6/91	30	60930	630	11520	18180	10890
7/91	30	27480	1470	9120	2070	4020
8/91	25	51100	100	6050	25850	8250
9/91	30	24180	1590	1200	5880	4230
10/91	18	26604	720	2052	7092	6372
yht.	350	302735	13887	60899	80440	59834

P I T U U S L U O K A T						
TS dB	-41	-39	-37	-35	-33	-31
cm	16-20	20-25	25-32	32-40	40-50	> 50
kuukausi	NETTOALASVAELLUS KPL					
10/90	7942	-1056	2574	0	484	-66
11/90	1710	-90	870	270	1710	30
12/90	0	620	930	837	1767	0
1/91	-124	-93	1054	403	31	0
2/91	-56	196	2576	1148	140	0
3/91	248	527	-775	-279	-124	0
4/91	130	78	-65	130	39	52
5/91	93	93	0	279	434	0
6/91	450	600	10140	7410	1110	0
7/91	450	1170	2880	420	5730	150
8/91	1975	775	5975	1375	475	275
9/91	3870	1260	4170	990	450	540
10/91	3384	828	3510	2304	288	54
yht.	20072	4908	33839	15287	12534	1035

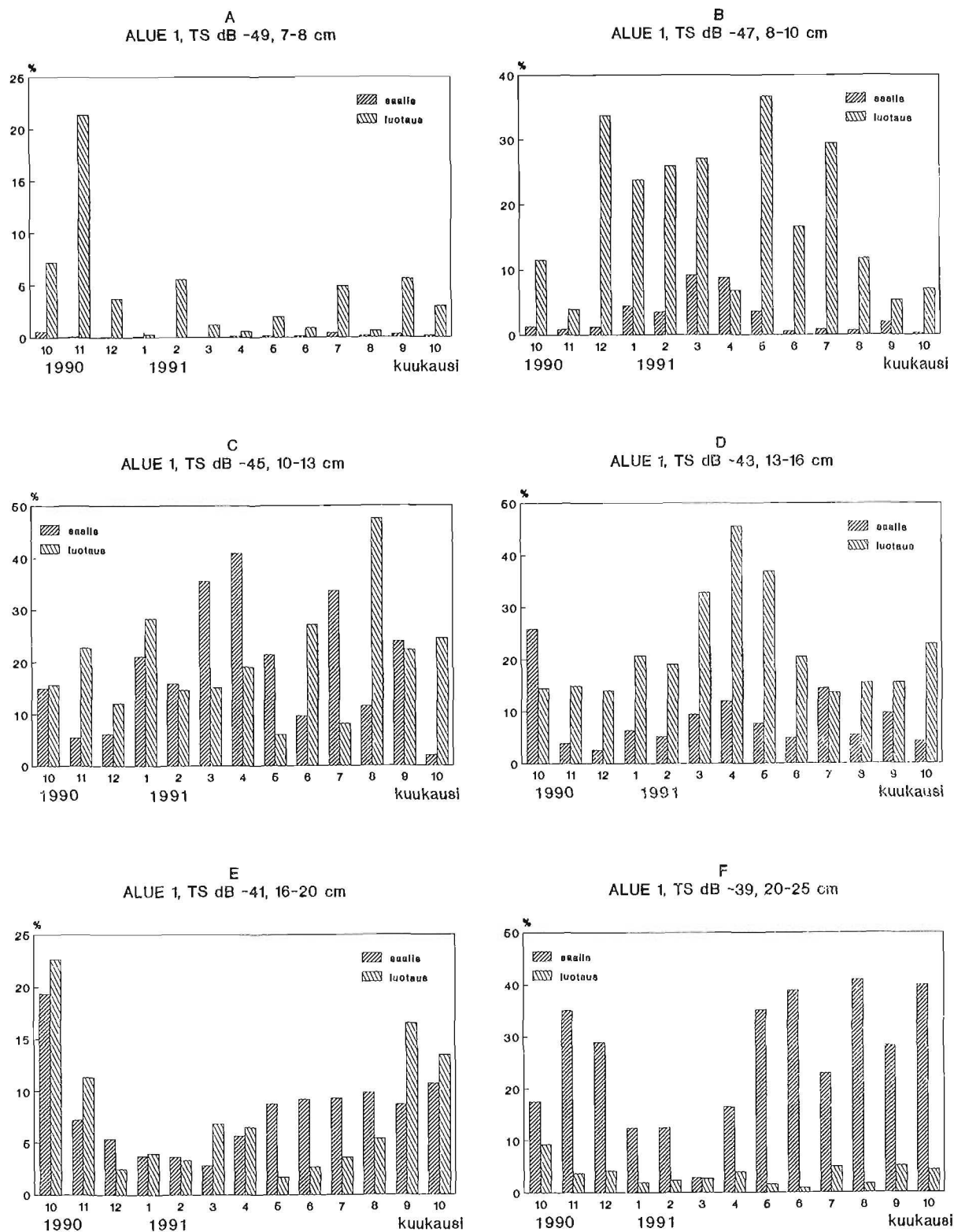
LIITE 6

**LIITE 6. KAIKULUOTAUSAINEISTOJEN PERUSTEELLA LASKETTU ALASVAELTA-
NEIDEN KALOJEN NETTOMÄÄRÄ PITUUSLUOKITTAIN JA KUUKAUSITTAIN KAI-
KULUOTAUSASEMALLA 2**

			P I T U U S L U O K A T			
TS dB			-49	-47	-45	-43
cm			7-8	8-10	10-13	13-16
kuukausi	vrk	yht.	NETTOALASVAELLUS KPL			
10/90	22	16566	4092	1342	1342	4136
11/91	30	14370	2520	3420	2580	1680
12/91	31	9052	186	3782	1736	899
1/91	31	4929	248	186	1209	1240
2/91	28	8876	28	812	2044	2156
3/91	31	12617	465	1302	2945	1674
4/91	30	3810	0	0	690	720
5/91	31	4061	62	155	1581	1271
6/91	30	55290	1200	4410	8790	5520
7/91	30	16110	330	3240	2640	540
8/91	31	42098	341	6510	7161	12834
9/91	30	17310	570	1890	5610	-210
10/91	18	15588	18	1458	2106	4896
yht.	373	220677	10060	28507	40434	37356

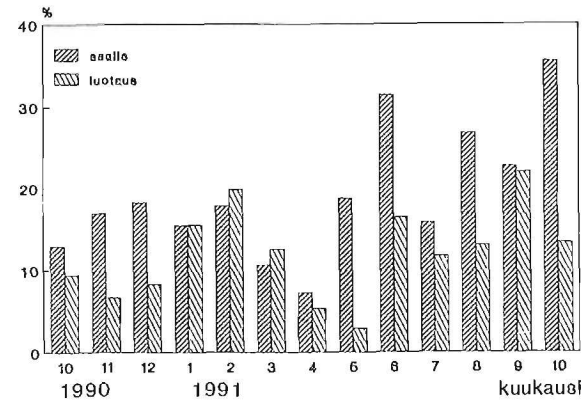
P I T U U S L U O K A T						
TS dB	-41	-39	-37	-35	-33	-31
cm	16-20	20-25	25-32	32-40	40-50	> 50
kuukausi	NETTOALASVAELLUS KPL					
10/90	2156	2024	352	440	572	110
11/90	-210	2340	510	450	690	390
12/90	1333	496	155	186	310	-31
1/91	1705	310	31	0	0	0
2/91	1708	-112	1596	616	28	0
3/91	2139	2604	-31	558	930	31
4/91	630	1200	30	510	30	0
5/91	155	992	-31	-124	0	0
6/91	19560	9780	4200	1500	300	30
7/91	3660	4410	180	270	780	60
8/91	6696	5766	-248	2263	651	124
9/91	6120	1170	90	1530	660	-120
10/91	3258	2340	414	1278	-54	-126
yht.	48910	33320	7248	9477	4897	468

LIITE 7. KAIKULUOTAUS- JA KOEKALASTUSAINEISTON ERI PITUUSLUOKKIEN OSUDET (%) KUUKAUSITTAIN ALUEELTA 1 JA KAIKULUOTAUSASEMALTA 1

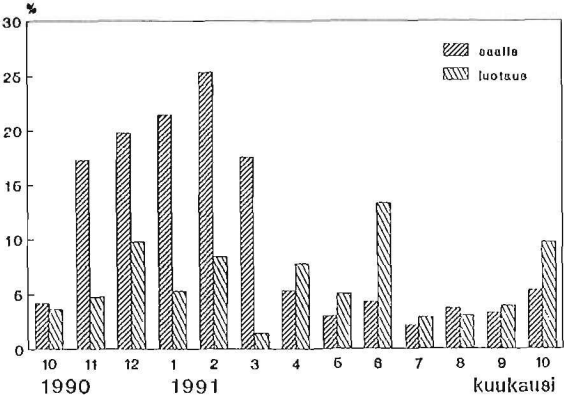


LIITE 7 G-J

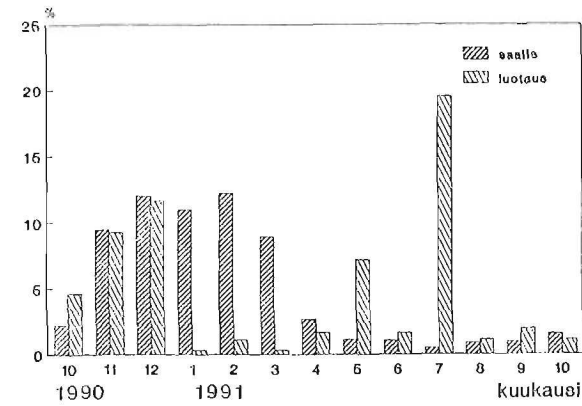
G
ALUE 1, TS dB -37, 25-32 cm



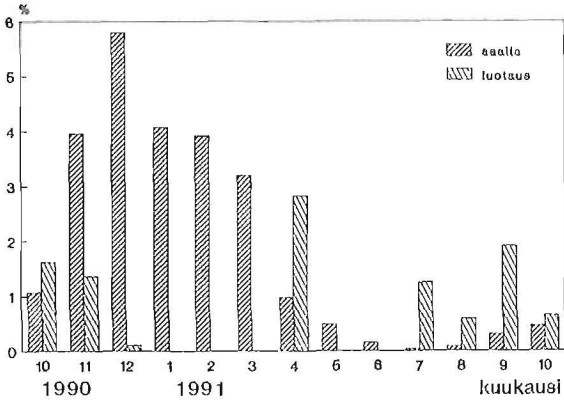
H
ALUE 1, TS dB -35, 32-40 cm



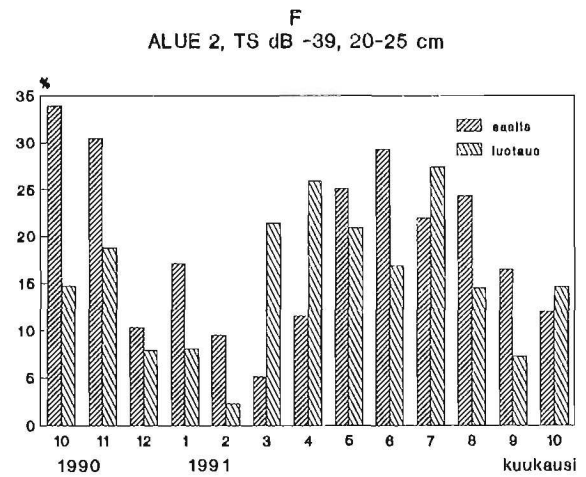
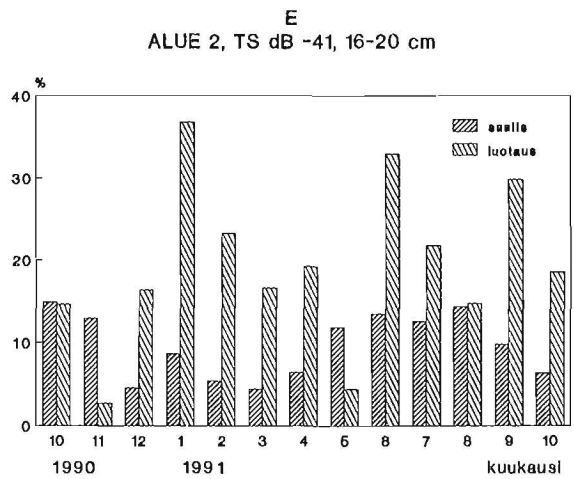
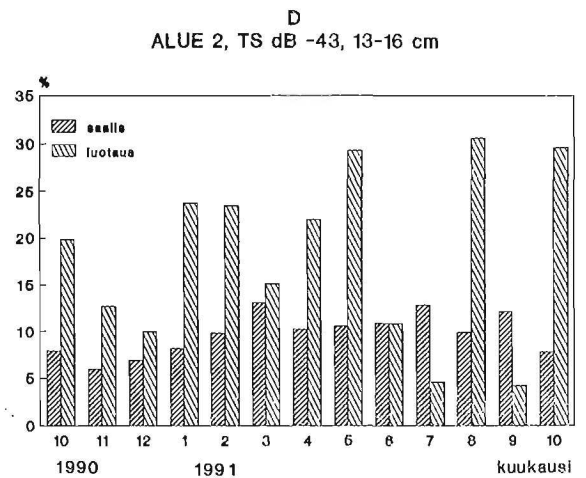
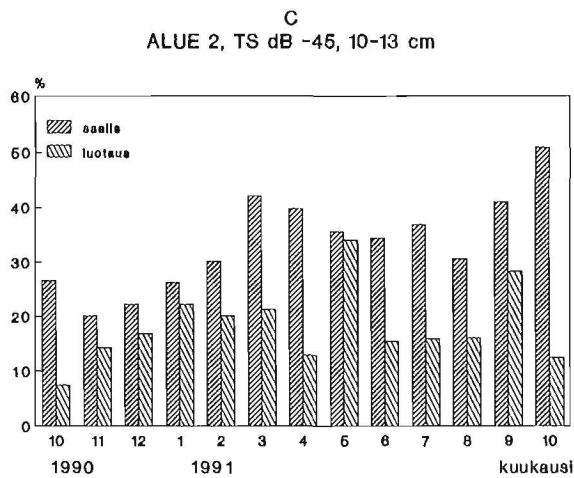
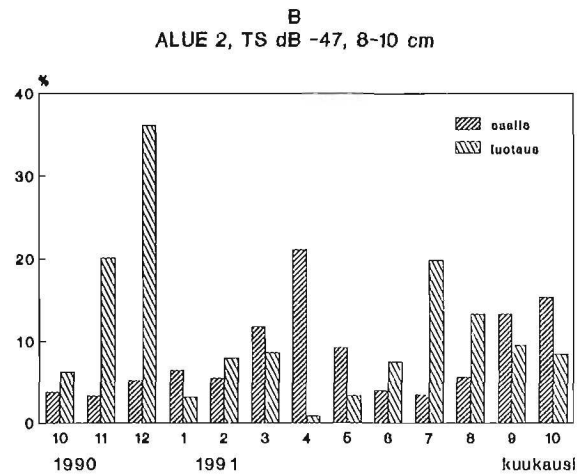
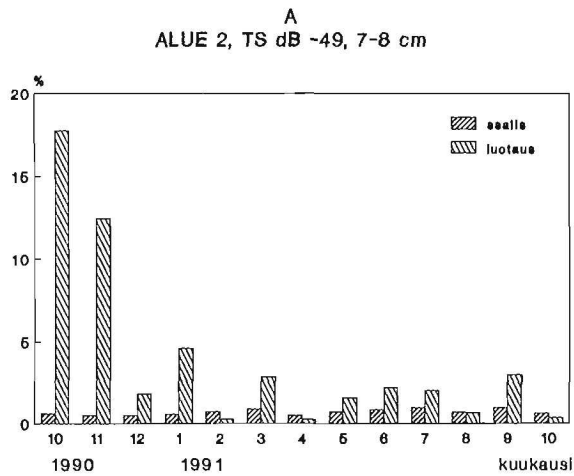
I
ALUE 1, TS dB -33, 40-50 cm



J
ALUE 1, TS dB -31, > 50 cm

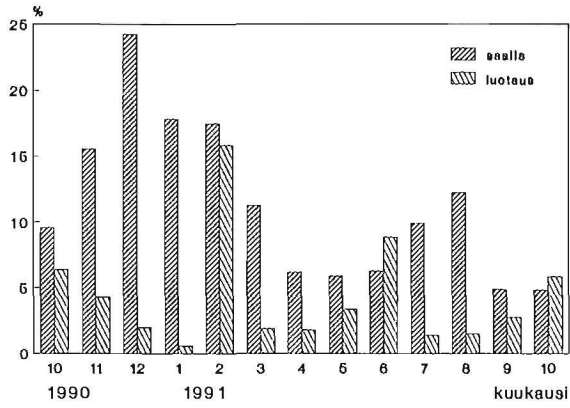


LIITE 8. KAIKULUOTAUS- JA KOEKALASTUSAINEISTON ERI PITUUSLUOKKIEN OSUDET (%) KUUKAUSITTAIN ALUEELTA 2 JA KAIKULUOTAUSASEMALTA 2

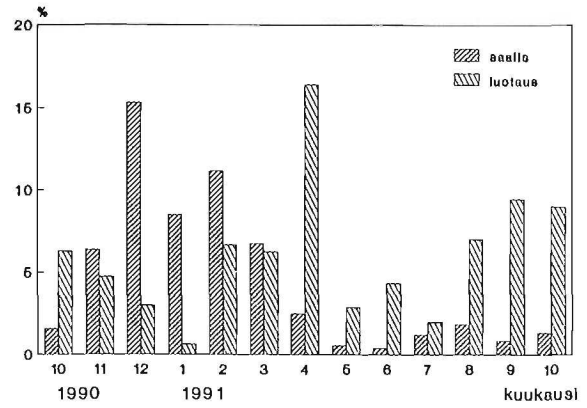


LIITE 8 G-J

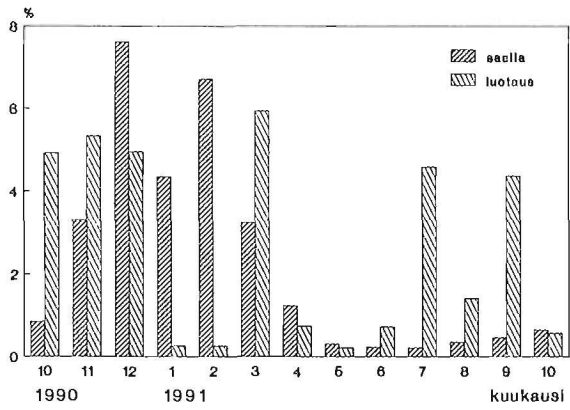
G
ALUE 2, TS dB -37, 25-32 cm



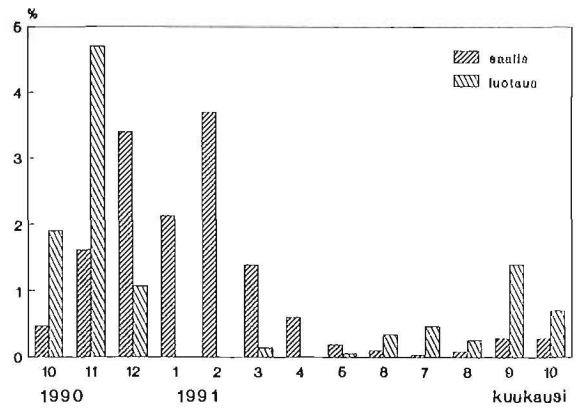
H
ALUE 2, TS dB -35, 32-40 cm



I
ALUE 2, TS dB -33, 40-50 cm



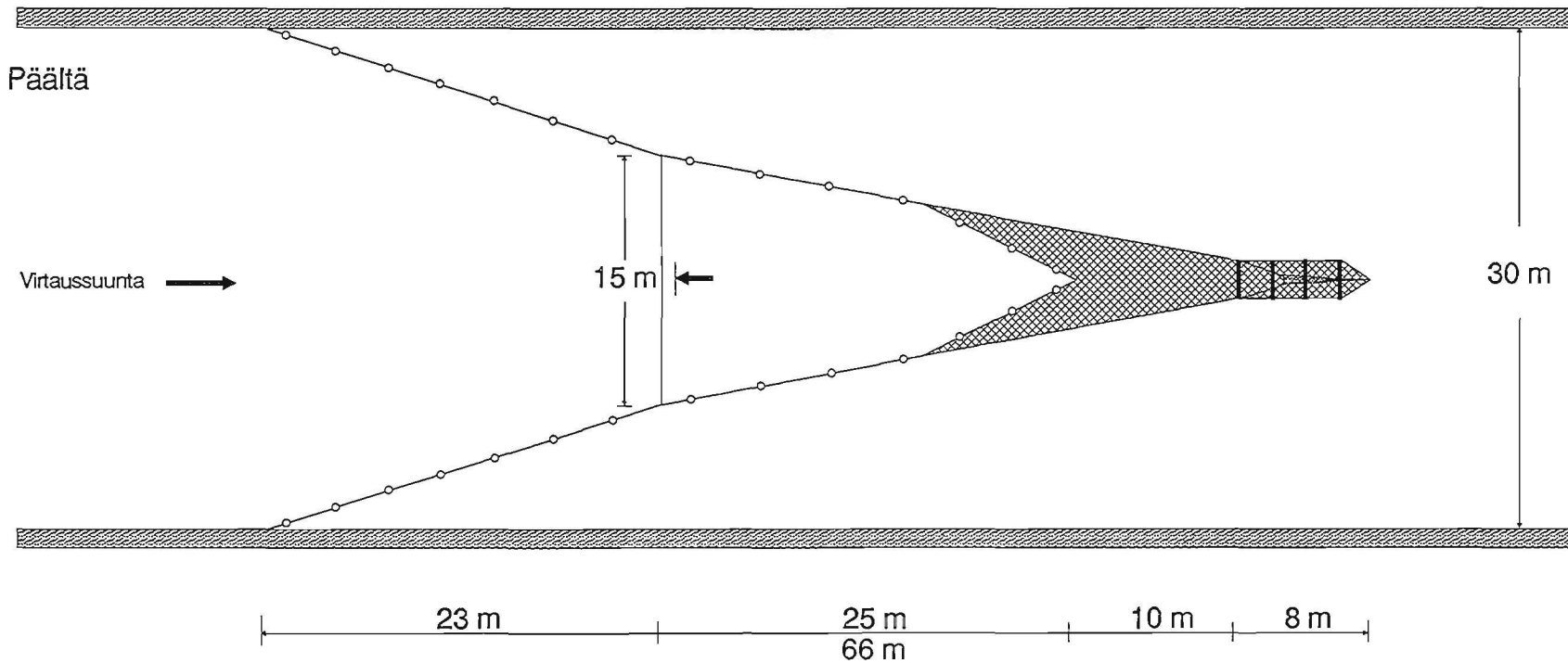
J
ALUE 2, TS dB -31, > 50 cm



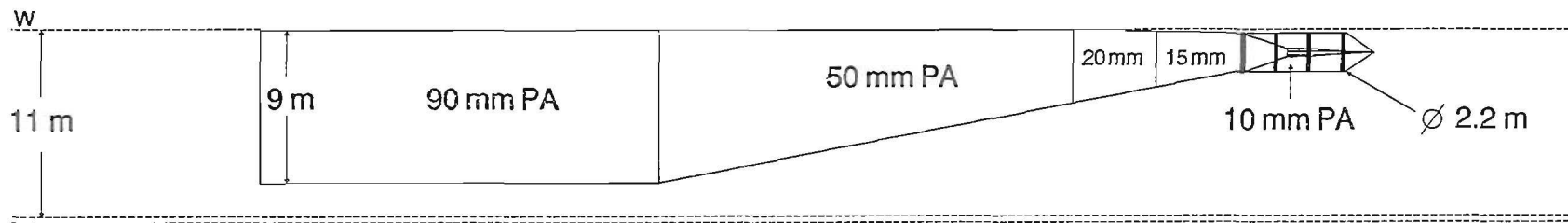
LIITE 9. KOEKALASTUKSISSA KÄYTETTYJEN RYSIEN JA NUOTTIEN RAKENNE- KAAVIO

Koekalastuksissa käytetyn rysä A:n rakennekaavio

Koerysä, pyyntikorkeus 9 m



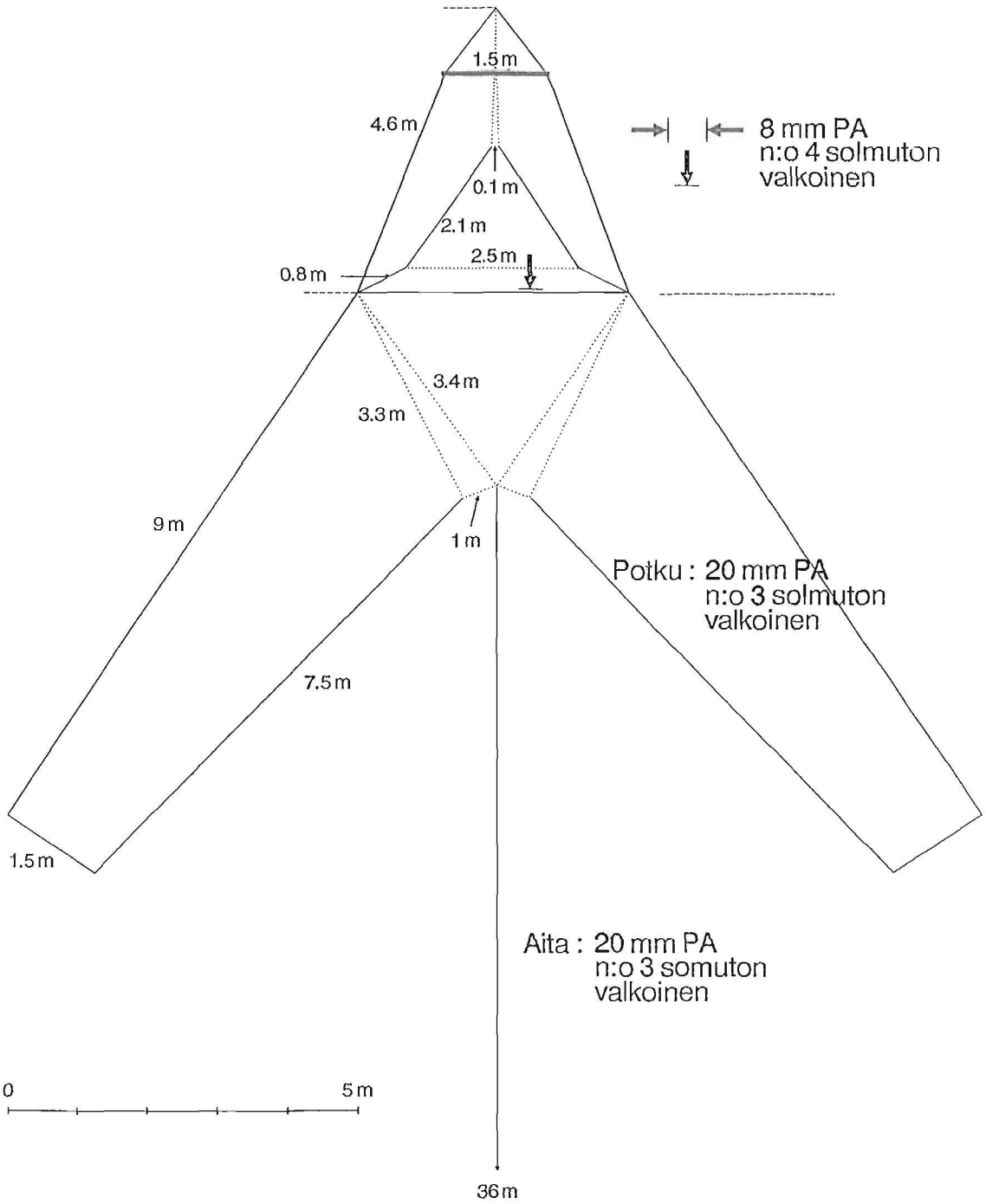
Sivulta



LIITE 9 B

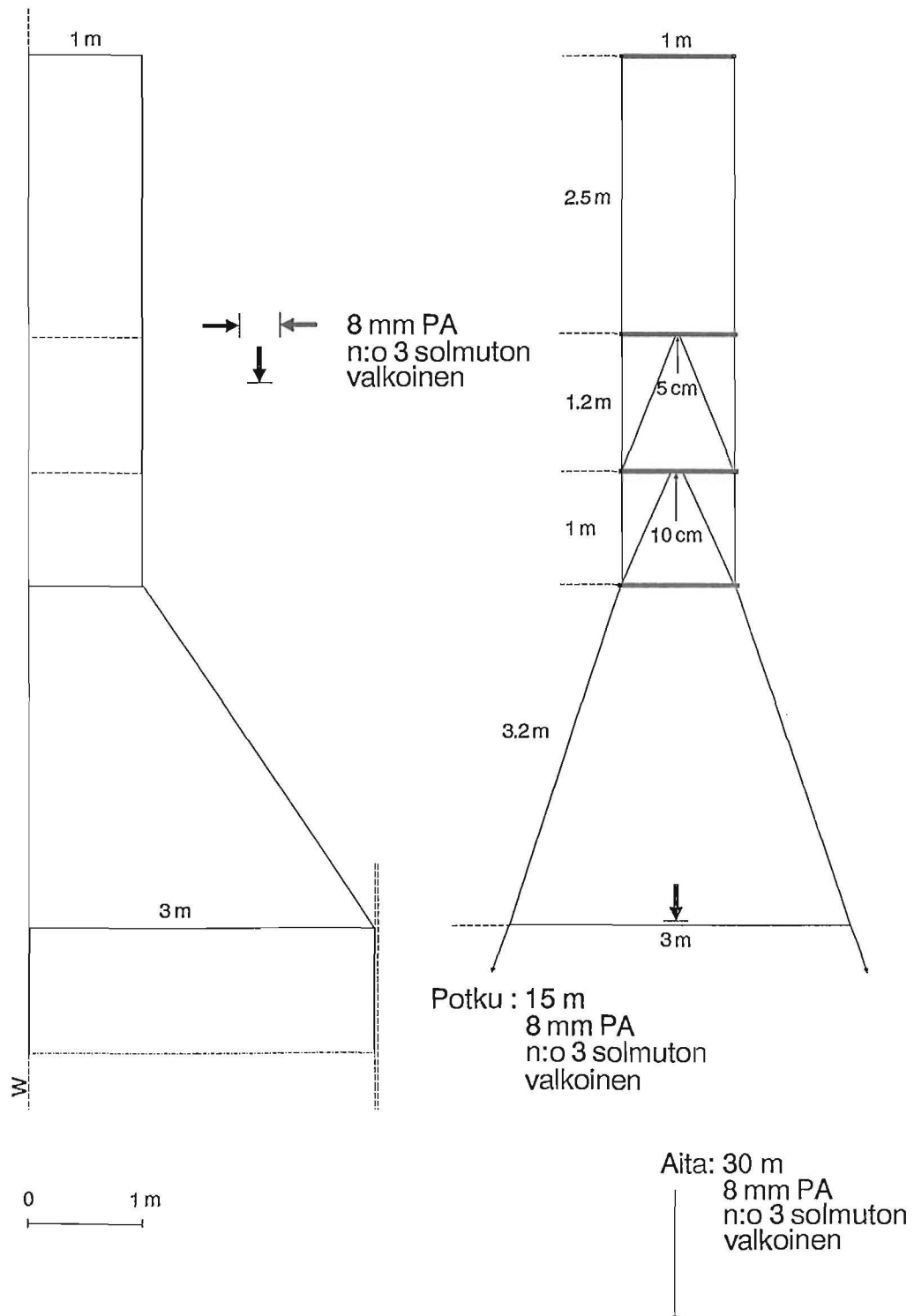
Koekalastuksissa käytetyn rysä B:n rakennekaavio

Koerysä, pyyntikorkeus 4 m



Koekalastuksissa käytetyn rysä C:n rakennekaavio

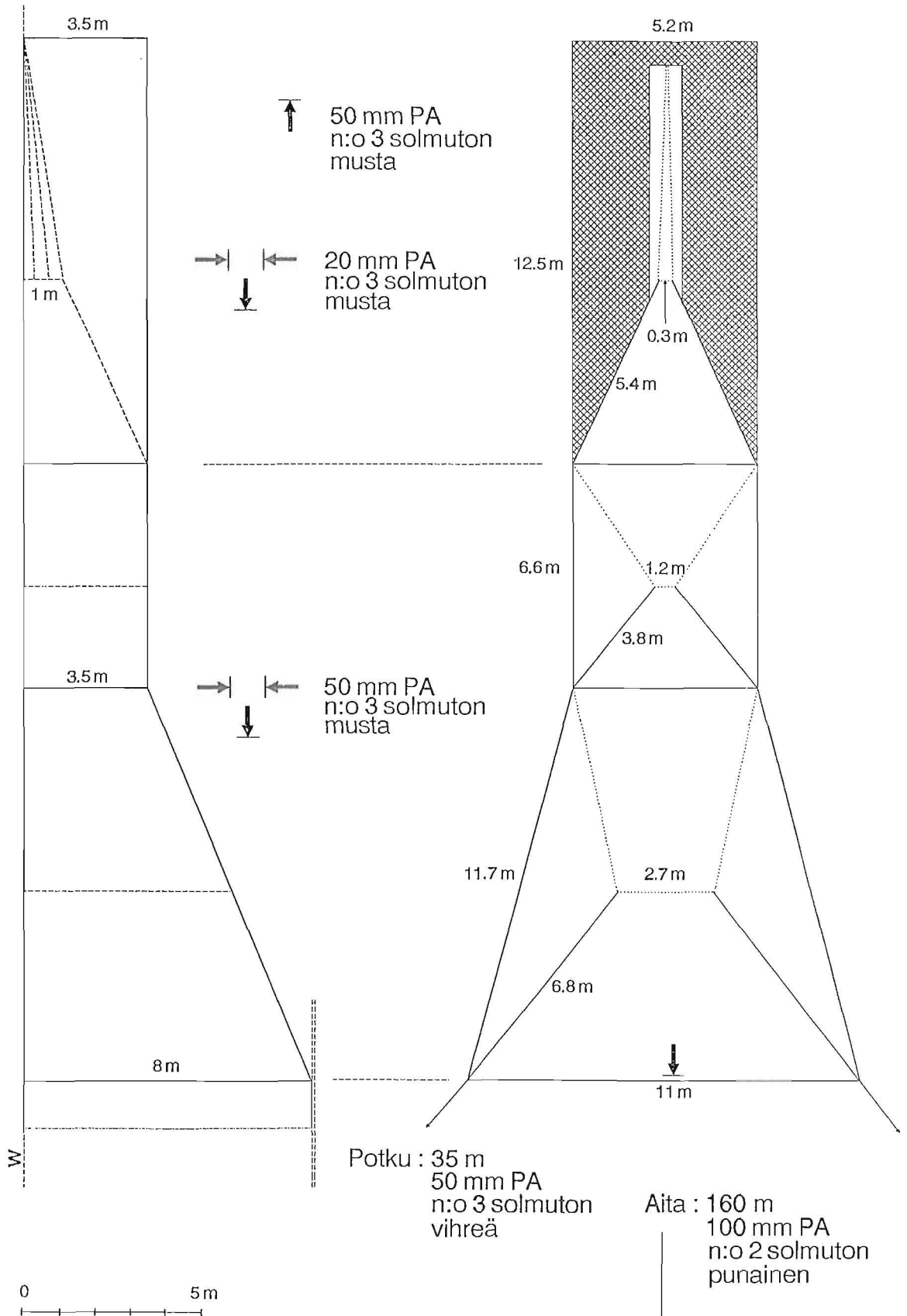
Koerysä, pyyntikorkeus 3 m



LIITE 9 D

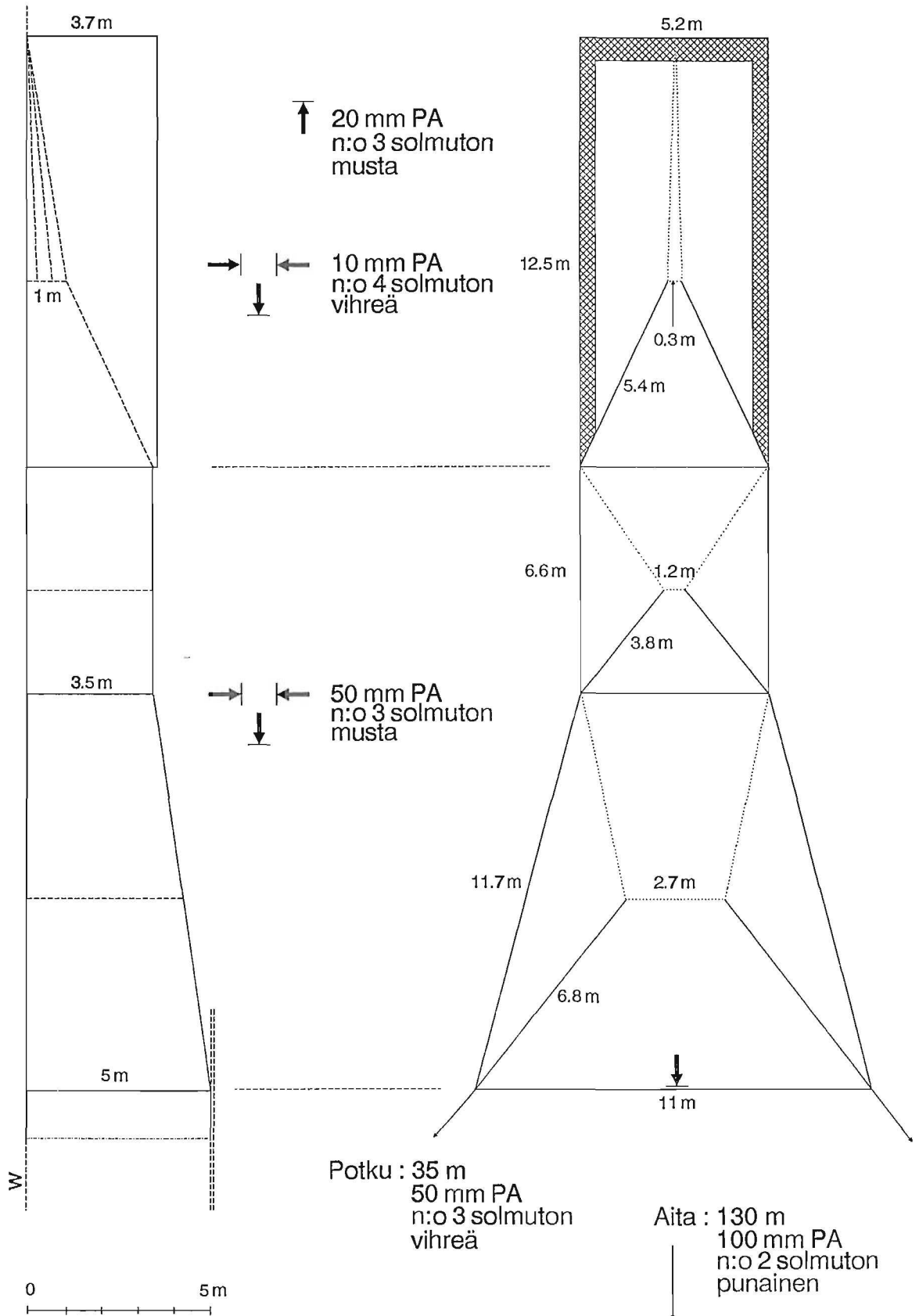
Koekalastuksissa käytetyn rysä D:n rakennekaavio

Koerysä, pyyntikorkeus 8 m



Koekalastuksissa käytetyn rysä E:n rakennekaavio

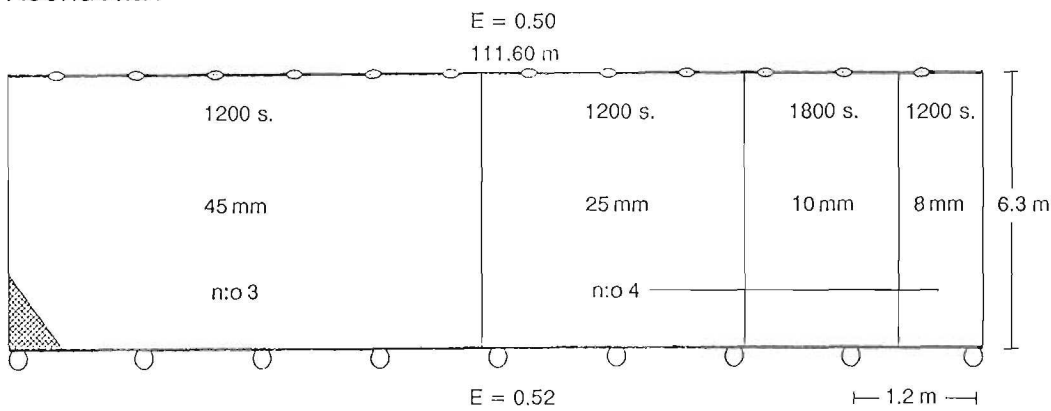
Koerysä, pyyntikorkeus 5 m



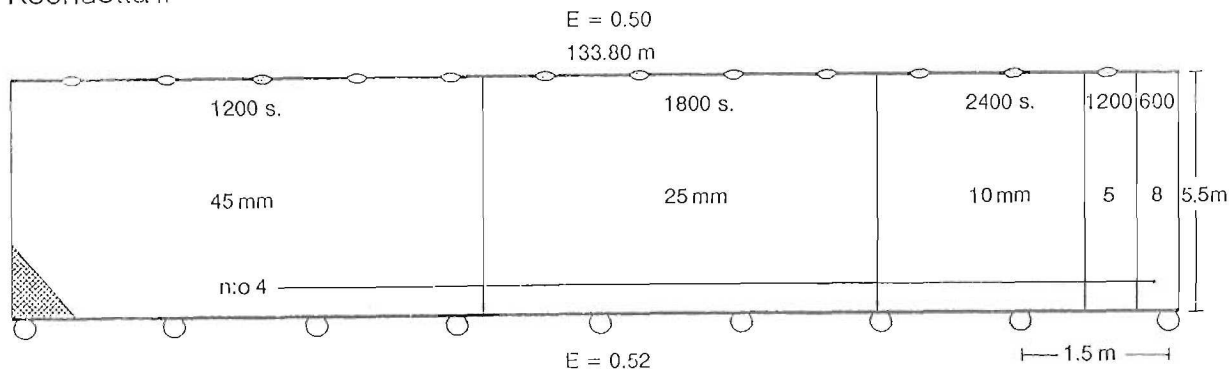
LIITE 9 F

Koekalastuksissa käytettyjen nuottien rakennekaaviot

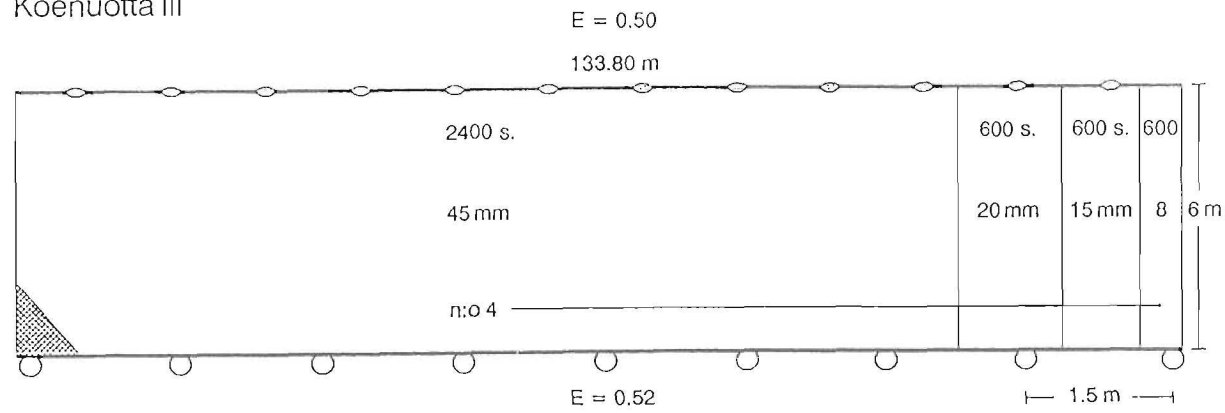
Koenuotta I

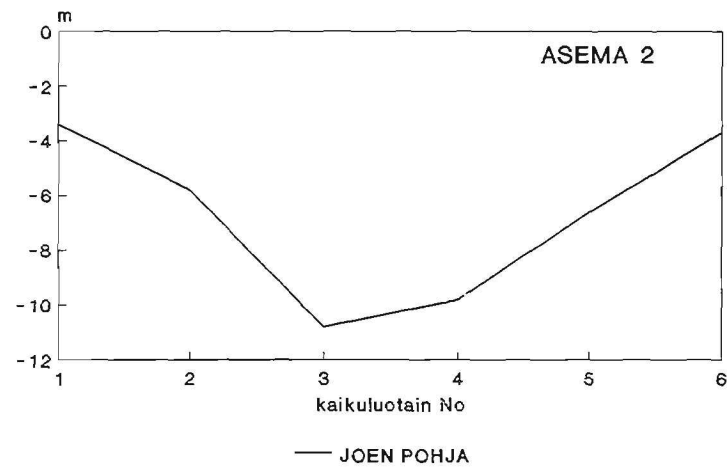
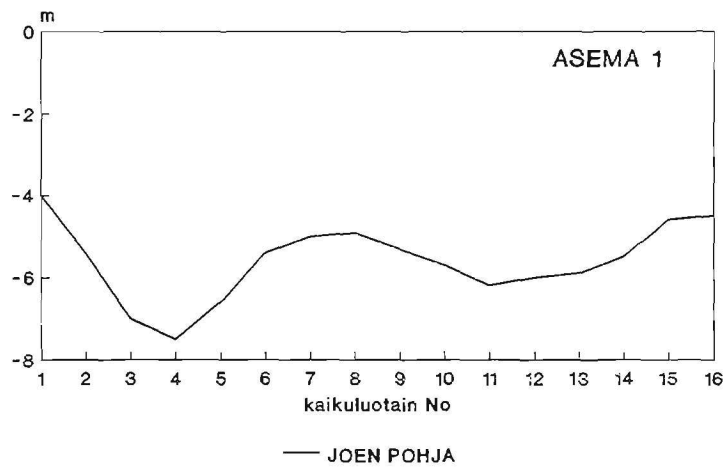
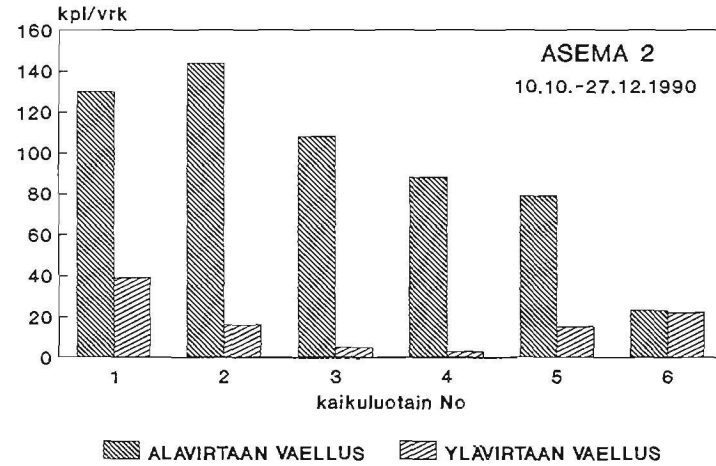
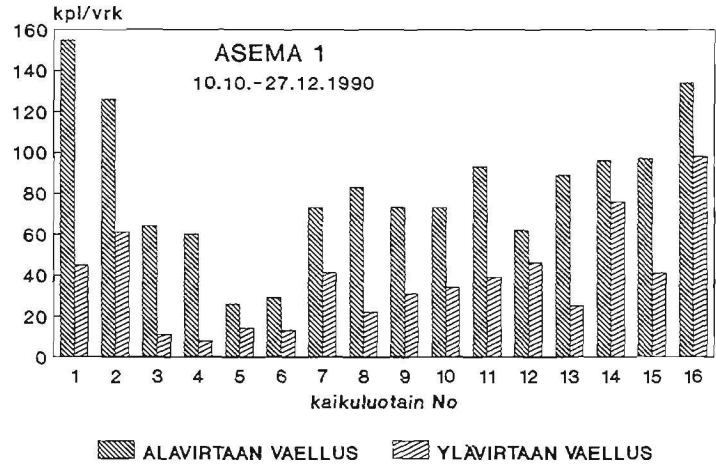


Koenuotta II



Koenuotta III





VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA - sarja A

41. Siuntionjokineuvottelukunta: Siuntionjoen vesistön käytön ja suojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1989.
42. Vilhunen, Olli: Hankoa ympäröivän merialueen tila vuosina 1976 - 1986. Helsinki 1989.
43. Vantaanjoen vesistön vesiensuojelun toimenpideohjelma. Helsinki 1990.
44. Jeltsch, Ulrich: Saastuneiden maa-alueiden kunnostus. Helsinki 1990.
45. Ahtiainen, Marketta: Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Helsinki 1990.
46. Heikkilä, Raimo: Vaasan läänin uhanalaiset suokasvit. Helsinki 1990.
47. Korkka-Niemi, Kirsti: Tutkimus kaivovesien happamoitumisesta Suomessa. Helsinki 1990.
48. Kauppi, Lea; Sandman, Olavi; Knuuttila, Seppo; Eskonen, Kristiina; Liehu, Anita; Luokkanen, Sinikka & Niemi, Maarit: Maankäytön merkitys vesien käytölle haitallisten sinileväkukintojen esiintymisessä. Helsinki 1990.
49. Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Orgaanisten aineiden merkityksestä ja pidättymisestä virtaavan veden ekosysteemissä.
Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Turvetuotannon typpikuormituksen vaikutuksista virtaavissa vesissä. Helsinki 1990.
50. Pitkänen, Heikki; Kangas, Pentti; Sarkkula, Juha; Lepistö, Liisa; Hällfors, Guy & Kauppila, Pirkko: Veden laatu ja rehevyys Itäisellä Suomenlahdella. Raportti vuosien 1987 - 88 tutkimuksista. Helsinki 1990.
51. Hirvi, Juha-Pekka (toim.): Suomenlahden öljyvahinko 1987. Helsinki 1990.
52. Levinen, Riitta: Puhdistamolietteen viljelykäytön edellytykset. Helsinki 1990.
53. Niemi, Reino A: Makrofytyt vesien tilan seurannassa. Helsinki 1990.
54. Lammassaari, Veikko: Uitto ja sen vesistövaikutukset. Helsinki 1990.
55. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin toiminnan suuntaviivat 1990-luvun alkupuoliskolla. Helsinki 1990.
56. Perälä, Jaakko & Reuna, Marja: Lumen vesiarvojen alueellinen vaihtelu Suomessa. Helsinki 1990.
57. Haja-asutuksen vedenhankinnan kehittäminen. Helsinki 1990.
58. Puustinen, Jukka: Typen merkitys rannikkovesien rehevöitymisessä. Helsinki 1990.
59. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri: Pohjois-Pohjanmaan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Helsinki 1990.
60. Saviranta, Leena & Katko, Tapio (toim.): Kansainvälinen vesihuollon vuosikymmen 1981 - 1990 Suomessa. Helsinki 1990.
61. Katko, Tapio (ed.): The international drinking water and sanitation decade 1981 - 1990 in Finland. Helsinki 1990.
62. YV-projekti: Kokemuksia osallistumisesta ja vaikutusten arvioinnista vesiensuojelun suunnittelussa. Helsinki 1990.
63. Antikainen, Sari; Smolander, Ulla & Järvinen, Olli: Näytteenottomenetelmän luotettavuus luonnonvesien raskasmetalliseurannassa. Helsinki 1990.
64. Saarela, Jouko: Kaivosjätteiden geoteknisistä ominaisuuksista ja ympäristövaikutuksista. Helsinki 1990.
65. Turun vesi- ja ympäristöpiiri: Vesien käyttö ja hoito 1990-luvulla Varsinais-Suomi ja Etelä-Satakunta. Helsinki 1990.
66. Mukherjee, Arun B: The use of chlorinated paraffins and their possible effects in the environment. Helsinki 1990.
67. Assmuth, Timo: Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset. Riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Helsinki 1990.
68. Porvoonjoen kuormitusselvitystyöryhmä; Lehtonen, Eija & Penttilä, Sirpa (toim.): Porvoonjoen kuormitusselvitys. Helsinki 1991.
69. Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri: Mikkelin läänin vesien hoito 1990-luvulla. Helsinki 1991.
70. Louekari, Kimmo; Saarikoski, Heli & Joki-Kokko, Eeva: Kadmium ympäristössä. Helsinki 1991.
71. Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri: Keski-Pohjanmaan vedet ja ympäristö. Helsinki 1991.
72. Freindling, Alexander & Heitto, Lauri: Primary production of inland waters. Helsinki 1991.
73. Pennanen, Jussi: Toutain Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen järjestelyn vaikutusalueella. Helsinki 1991.

74. Hildén, Mikael; Hakaste, Tapio; Korhonen, Pekka & Rahikainen, Eljas: Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen kalatalouden intressianalyysi. Helsinki 1991.
75. Ihme, Raimo; Heikkinen, Kaisa & Lakso, Esko: Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Helsinki 1991.
76. Pasanen, Jaana: Öljyisen maan ja jätteen mikrobiologinen puhdistus. Helsinki 1991.
77. Ihme, Raimo; Isotalo, Lauri; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa.
Ihme, Raimo; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Laskeutusaltaiden toimivuuden parantaminen turvetuotantoalueiden valumavesien käsittelyssä.
Ihme, Raimo; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Turvetuotantoalueiden kuormituksen pidättäminen sarkaojiin. Helsinki 1991.
78. Rantala, Aulis (toim.): Vesistöjen kalkitus happamien sulfaattimaiden vaikutusalueella. Helsinki 1991.
79. Kiiminkijoen vesiensuojelusuunnittelun työryhmä; Hynninen, Pekka (toim.): Kiiminkijoen vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki 1991.
80. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri: Keski-Suomen kehittyvät vesivarat. Helsinki 1991.
81. Haapala, Kirsti & Eurén, Maija: Luonnonvesien ja jätevesien kiintoainemäärityksen ongelmista. Helsinki 1991.
82. Laine, Anne & Heikkinen, Kaisa: Turvetuotannon kalastovaikutukset. Helsinki 1991.
83. Vesihuoltolaitokset 31.12.1988 ja 31.12.1989. Helsinki 1992.
84. Sandman, Olavi; Turkia, Jaana & Huttunen, Pertti: Paleolimnologinen tutkimus metsäojituksen ja -lannoituksen vesistövaikutuksista Juupajoen Kalliojärvässä. Helsinki 1992.
85. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri: Uudenmaan ja Etelä-Hämeen vedet. Helsinki 1991.
86. Roila, Tuija: Pienvesien happamoitumisen seuranta vuosina 1979 - 1989.
Roos, Jaana: Puskurikapasiteetin muutokset eräissä pienjärävissä vuosien 1937 - 48 ja 1988 välillä.. Helsinki 1992.
87. Ollikainen, Minna: Karjalan Pyhäjärven tila 1980-luvulla sedimentin piilevien ilmentämänä. Helsinki 1992.
88. Lepistö, Liisa: Planktonlevien aiheuttamat haitat. Helsinki 1992.
89. Rantakangas, Jorma: Perkauksen aiheuttaman kiintoainevirtaaman ennakointi. Helsinki 1992.
90. Kaijalainen, Erkki (toim.): Sonkajärven reitin vesien käytön yleissuunnitelma. Helsinki 1992.
91. Salo, Simo: The fate of chemicals spilled on water. A literature review of physical and chemical processes. Helsinki 1992.
92. Mäkirinta, Urho & Tolonen, Pasi: Vaalan Järvikylän järvien kasvillisuus järvien tilan kuvaajana. Helsinki 1992.
93. Mäkirinta, Urho: Muutoksia Alavetelin Isojärven kasvillisuudessa 1973 - 1981. Helsinki 1992.
94. Nakari, Tarja: Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumpputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin. Helsinki 1992.
95. Torpström, Heikki & Lappalainen, Matti: Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Helsinki 1992.
96. Salonen, Seija; Frisk, Tom; Kärmeniemi, Tellervo; Niemi, Jorma; Pitkänen, Heikki; Silvo, Kimmo & Vuoristo, Heidi: Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Helsinki 1992.
97. Assmuth, Timo; Strandberg, Tapio; Joutti, Anneli & Kalevi, Kirsti: Kemiallisesti saastuneiden maa-alueiden tutkimusmenetelmät. Helsinki 1992.
98. Kivimäki, Anna-Liisa: Tekopohjavesilaitokset Suomessa. Helsinki 1992.
99. Tanninen, Risto: Arvot ja asenteet Pyhäjoen vesiensuojelusuunnittelussa. Helsinki 1992.
100. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitin vene- ja retkisatamasuunnitelma. Helsinki 1992.
101. Eloheimo, Karri: Veneily ja sen ympäristövaikutukset. Helsinki 1992.
102. Sytyke 16. Sannholm, Gun & Söderström, Mirja: Entsyymikäsittelyn merkitys sulfaattimassan valkaisuissa. Helsinki 1992.
103. Sytyke 9. Raitio, Laura: Siistausprosessin ympäristökuormitus. Helsinki 1992.
104. Sytyke 17. Jantunen, Esko: Jätevesipäästötön paperitehdas. Helsinki 1992.
105. Sytyke 10. Lehtinen, K.-J. & Tana: Effects in mesocosms exposed to effluents from bleached hardwood kraft pulp mill. Helsinki 1992.

106. Hudd, Richard; Toivonen, Anna-Liisa & Wistbacka Ralf: Malax å fiskeriutredning. Helsinki 1992.
107. Rontu, Mika: Pohjaveden alkalointi kalkkikivisuodatuksella. Helsinki 1992.
108. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitti - Kansallisvesi. Helsinki 1992.
109. Sytyke 11. Junttila, Vesa: Sellutehtaan ympäristökuormitusten pienentäminen ja hallinta uudella tehdaslayoutilla. Helsinki 1992.
110. Sytyke 20. Kara, Mikko: Natrium- ja rikkitaseen säätömahdollisuuksia suomalaisessa sellutehtaassa. Helsinki 1992.
111. Kauppi, Marja: Repoveden alueen vesistöjen perusselvitys. Helsinki 1992.
112. Lindholm, Tapio (toim.): Sukkessiotutkimusten tuloksia Suomen ja SNTL:n luonnonsuojelualueilta. Helsinki 1992.
113. Sytyke 2. Hatakka, Annele; Valo, Marjatta & Lankinen, Pauliina: Puunjalostusteollisuuden jätevesien käsittely valkolahosienillä ja niiden entsyymeillä. Helsinki 1992.
114. Sytyke 19. Krogerus, Mårten & Hynninen, Pertti: Sellu- ja paperiteollisuuden päästöjen käsitteilyvaihtoehdot ja kustannukset. Helsinki 1992.

ISBN 951-47-6603-2
ISSN 0786-9592